

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
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол № 1-8/2022 от 30.08.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КИНЕТИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.01 ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОФИЗИКА

название специальности/направления подготовки

образовательная программа

Эксплуатация атомных электрических станций и установок

название специализации/профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – дать студентам систематическое изложение основ кинетики и динамики реакторов.

Задачи дисциплины – дать знания об аналитических и числовых решениях уравнений кинетики и динамики реакторов, анализ основных причин обратных связей в процессе работы реактора в стационарном и переходном режимах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений, и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Ядерная физика;
- Теория переноса нейтронов;
- Физика ядерных реакторов.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Производственная практика (научно-исследовательская работа);
- Подготовка к защите и защита ВКР;
- Динамика ЯР.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-4	Способен использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии и алгоритмы	<p>Знать:</p> <p>нуклидный состав топлива, их вклад в работу реактора, влияниена расчет в краткосрочной и долгосрочной перспективе; потерю реактивности при работереактора;</p> <p>уравнения кинетики, уравнения динамики и их решения.</p> <p>Уметь: использовать полученные теоретические знания для научного обоснования процессов,связанных с изменением реактивности, в следствии влияния различных осколков деления и младших актинидов; использовать полученные теоретические знания для обоснованного решения уравнения переноса в асимптотической области, аналитического решения уравнения кинетики. Владеть: навыками расчета реактивности.</p>

5. 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

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	0
В том числе:	
<i>лекции</i>	16
<i>практические занятия (практические занятия интерактивной форме)</i>	16
<i>лабораторные занятия</i>	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>экзамен</i>	36
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	112
В том числе:	
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>	40
<i>подготовка к семинарским занятиям</i>	40
<i>подготовка к контрольным работам</i>	32
Всего (часы):	180
Всего (зачетные единицы):	5

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

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

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.					
1.1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	1	1			10
2	Аналитические решения уравнений кинетики.					
2.1	Общее решение.	1	1			10
2.2	Одна группа запаздывающих нейтронов.	1	1			5
2.3	Обращенное решение уравнений кинетики.	1	1			5
2.4	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	1	1			10
3	Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.					
3.1	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	2	1			10
3.2	Особенности мощностного и доплеровского КР.	1	2			10
4	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.					

4.1	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	1	1			10
5	Уравнения динамики реакторов.					
5.1	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	1	1			10
5.2	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	1	1			10
6	Аналитические решения задач по динамике реакторов.					
6.1	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	2	2			5
6.2	Процессы на мгновенных нейтронах.	2	2			5
7	Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.					
7.1	Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	1	1			12
	Всего:	16	16			112

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

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	
1.1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов. В основе вывода – определения доли ЗН, времени жизни мгновенных нейтронов, $k_{эфф}$ и реактивности
2	Аналитические решения уравнений кинетики.	
2.1	Общее решение.	Решение уравнений кинетики находит с помощью преобразований Лапласа. Особо подробно рассмотрено решение с одной группой ЗН. Для 6-ти групп ЗН показаны графики зависимости периода от реактивности.
2.2	Одна группа запаздывающих нейтронов.	Аналитические решения уравнений кинетики рассматриваются для ряда конкретных случаев. Стационарное состояние реактора (получение формулы обратного умножения). Разгон реактора на мгновенных нейтронах (роль запаздывающих нейтронов). Решение уравнений кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов (дает качественное понимание о поведении реактора в простейшем аналитическом представлении). Рассматриваются также решения с 6-ю группами запаздывающих нейтронов (уравнение обратных часов), приближенное решение с использованием идеологии «скачка на мгновенных нейтронах» и обращенное решение уравнений кинетики (реактиметры).
2.3	Обращенное решение уравнений кинетики.	ОРУК – получен исходя из точечного уравнения кинетики. Особенно отмечается неизбежность пространственного эффекта. Важно, что в случае работы реактора на энергетических уровнях мощности и допустимых возмущениях реактивности, можно пренебречь источником нейтронов и производной мощности по времени.
2.4	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	Приближение требует подробного рассмотрения, поскольку его использование продуктивно для аналитических решений уравнений динамики при медленных переходных процессах.
3	Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.	

3.1	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	Вводится понятие коэффициентов реактивности. Рассматриваются возможности расчета коэффициентов реактивности для идеализированного гомогенного реактора. Выделены составляющие температурного коэффициента реактивности, связанные с изменением плотности и размеров реактора, с изменением средней температуры нейтронного газа из-за Доплер-эффектом. Рассматривается зависимость реактивности от изменений плотности реактора за счет внешнего давления.
3.2	Особенности мощностного и доплеровского КР.	При определении МКР, как частной производной – он оказывается нулевым. Вводится понятие асимптотического МКР, который является взвешенной суммой всех коэффициентов реактивности и имеющий смысл только при отрицательном его значении. Для делящихся нуклидов к как правило сечение радиационного захвата меньше, чем сечение деления. Казалось бы, для этого случая доплер- эффект должен быть положителен. Показано, что и для делящихся нуклидов доплер-эффект чаще всего отрицателен.
4	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	
4.1	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	Даны описания используемых в литературе коэффициентов реактивности для отечественных энергетических реакторов. Обращено внимание на различную трактовку при описании реакторов на тепловых и на быстрых нейтронах.
5	Уравнения динамики реакторов.	
5.1	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	Рассмотрен алгоритм построения уравнений кинетики с обратными связями – уравнений динамики. Для реализации к уравнениям кинетики необходимо добавить уравнение, описывающее зависимость реактивности реактора с учетом изменения его характеристик и, следовательно, реактивности. При этом возникает требование к записи уравнений, связывающих характеристик реактора с его мощностью.
5.2	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка,	При очень медленных изменениях мощности (малые возмущения реактивности) можно получить аналитические решения зависимости мощности от времени с учетом обратных связей по мощности реактора. При этом используется понятие асимптотического мощностного коэффициента

	приближение без запаздывающих нейтронов.	реактивности, связанного со всеми коэффициентами реактивности. Существенное упрощение уравнений динамики дает приближение скачка на мгновенных нейтронах. Показано, что возможность аналитических решений тем приемлемей, чем меньше теплоемкость системы. Ряд задач по динамике можно решить аналитически, когда реактивность, вводимая в реактор, превышает долю запаздывающих нейтронов.
6	Аналитические решения задач по динамике реакторов.	
6.1	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	Рассматривается решение задач по зависимости мощности реактора во времени при обратной связи по мощности, по обратной связи по мощности и потере реактивности из-за выгорания топлива.
6.2	Процессы на мгновенных нейтронах.	Подробно рассматривается решение уравнения динамики в приближениях без ЗН, без потери тепловой энергии (адиабатические условия) и обратной связи по средней температуре всего реактора.
7	Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	
7.1	Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	Рассмотрены нейтронно-физические причины аварии – положительный выбег реактивности при введении поглощающих стержней в активную зону реактора, положительный паровой эффект реактивности, малая скорость введения поглощающих стержней в активную зону реактора. Отмечено основное нарушение регламента – работа реактора с недопустимым количеством стержней в активной зоне

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Физическая теория ядерных реакторов» <http://redu.iate.obninsk.ru>

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

п / п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.	Вывод уравнения кинетикаисходя из баланса «средних» нейтронов.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	Контрольная работа №1
2.	Общее решение.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
3.	Одна группа запаздывающих нейтронов.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
4.	Обращенное решение уравнений кинетики.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
5.	Решение УК в приближенииискачка на мгновенных нейтронах.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	

6.	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	Контрольная работа №2
7.	Особенности мощностного и доплеровского КР.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
8.	Коэффициенты реактивности запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
9.	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
10.	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
11.	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	

12.	Процессы на мгновенных нейтронах.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
13.	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	
Промежуточный контроль			
	Зачет	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий; У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики	Вопросы к экзамену
Всего:			

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

Зачет

а) типовые вопросы:

1. Качественный вывод уравнений кинетики. Основная переменная – количество нейтронов, количество делений, мощность.
2. Формула обратного умножения.
3. Использование формулы обратного умножения при контроле за набором критмассы.
4. Решение точечного уравнения кинетики без учета запаздывающих нейтронов.
5. Решение точечного уравнения кинетики в приближении одной группы запаздывающих нейтронов (общий вид).

6. Частный случай решения при введении в критический реактор (безисточника) реактивности.
7. Обращенное решение точечного уравнения кинетики. Реактиметры.
8. Решение точечного уравнения кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов в приближении мгновенного скачка (дифференциальная и интегральная формы).
9. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с изменениями размеров и плотности ядер в активной зоне реактора в В2 – приближении.
10. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с зависимостью средней энергии тепловых нейтронов от температуры активной зоны в приближении формулы 4-х сомножителей.
11. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с доплер-эффектом. Изменения средних сечений поглощения нейтронов в зависимости от концентрации ядер данного нуклида и температуры.
12. Особенность доплер-эффект для делящегося нуклида.
13. Особенности мощностного коэффициента реактивности. Асимптотический мощностной коэффициент реактивности.
14. Коэффициенты реактивности для реакторов типа ВВЭР.
15. Коэффициенты реактивности для реакторов типа РБМК.
16. Коэффициенты реактивности для реакторов типа БН.
17. Запас реактивности и его компенсация.
18. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по температуре топлива и теплоносителя.
19. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по мощности.
20. Уравнения динамики реакторов при обратных связях по мощности в приближении скачка на мгновенных нейтронах.
21. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по температуре топлива и теплоносителя в приближении скачка на мгновенных нейтронах.
22. Уравнение динамики в приближении мгновенного скачка. Решение для случая обратной связи по мощности и наличии потери реактивности из-за выгорания топлива.
23. Решение уравнения динамики при введении в реактор реактивности $\rho > \beta_{эфф}$ (приближение Нордгейма-Фукса). Зависимость мощности от реактивности. Зависимость мощности, реактивности и выделившейся энергии от времени.
24. Качественное описание поведения мощности реактора во времени при введении положительной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
25. Качественное описание поведения мощности реактора во времени при введении отрицательной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
26. Авария на IV блоке Чернобыльской АЭС. Причины аварии, связанные с особенностями нейтронно-физических характеристик активной зоны РБМК. Мероприятия, реализованные на реакторах РБМК после аварии.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по экзамену входят:

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:

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- Сделал все, что требуется для получения высшего балла, однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух задач в индивидуальной работе.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний

Контрольная работа 1

а) типовые задания - образец:

Вариант № 0

15. Установлено, что количество нейтронов растет в реакторе по экспоненциальному закону: $n(t) = n(0)\exp(\omega t)$ с периодом удвоения мощности $T_2 = 20$ с. В приближении одной группы запаздывающих нейтронов найдите $c(t)$ и вычислите отношение $c(t)/n(t)$ при следующих значениях параметров: $\lambda = 0,07$ с⁻¹; $\Lambda = 2 \cdot 10^{-4}$ с; $\beta = 0,64\%$. Вычислите также $c(t)/n(t)$ для стационарного состояния реактора.

Указание. Используйте интегральную форму уравнения для $c(t)$.

16. В реактор была введена реактивность 0.005β . К моменту времени t^* мощность реактора достигла 100 Вт. Используя приближение мгновенного скачка, найдите мощность реактора в момент времени $t^* + 600$ с, если в момент времени t^* в реактор начали вводить дополнительно линейно во времени реактивность $\alpha\beta$ с⁻¹. Рассмотрите два случая $\alpha_1 = 0$ и $\alpha_2 = 5 \cdot 10^{-5}$. Среднее значение постоянной распада запаздывающих нейтронов $\lambda = 0.1$ с⁻¹.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Задача 1 оценивается в 15 баллов, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 15 баллов, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

в) описание шкалы оценивания:

17-30 баллов - контрольная работа засчитывается

0-16 баллов – студент должен переписать контрольную работу. При переписывании студенту максимальное количество баллов, которые можно набрать -24

Контрольная работа 2

а) типовые задания - образец:

Вариант № 0

17. С помощью обращенного решения уравнения кинетики для реактора нашли реактивность равную $\rho/\beta = 0,2$. В приближении одной группы запаздывающих нейтронов найдите период удвоения мощности реактора и вклад в измеряемую реактивность, вносимую составляющей содержащей производную количества нейтронов по времени, полагая, что доля запаздывающих нейтронов 0,5%, постоянная распада запаздывающих нейтронов равна $0,1$ с⁻¹ и $\Lambda = 10^{-3}$ с.

18. Реактор с источником ($q = 7 \cdot 10^7$ н/с) находится в подкритическом состоянии. Каковы будут показания реактиметра в двух случаях. (1). В программное реактиметра не введена составляющая, содержащая источник (ρ_1/β). (2). В программном обеспечении имеется составляющая, содержащая источник нейтронов (ρ_2/β). Расчеты (ρ_1/β) и (ρ_2/β) надо выполнить в приближении обращенного решения уравнений кинетики, используя следующие данные: $\nu = 2,5$; $\beta = 5 \cdot 10^{-3}$; мощность реактора 10 Вт; для получения энергии 1 Дж необходимо $3,1 \cdot 10^{10}$ делений.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Задача 1 оценивается в 15 баллов, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 15 баллов, если правильно написаны формулы, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

в) описание шкалы оценивания:

18-30 баллов - контрольная работа засчитывается

0-17 баллов – студент должен переписать контрольную работу. При переписывании студенту максимальное количество баллов, которые можно набрать -24

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

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
 - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
 - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
<i>Задача 1.1.</i>	Н	8	15
<i>Задача 1.2.</i>	Н	9	15
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>Задача 2.1.</i>	Н	9	15
<i>Задача 2.2.</i>	Н	9	15
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Экзамен	-		
<i>Вопрос 1</i>	-	10	20
<i>Вопрос 2</i>	-	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 засеместр не больше, чем 60*)

Штрафы: за несвоевременную сдачу (контрольной работы) 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 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 экзамене.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, 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»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, 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»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не
60-64		E	

			усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
0-59	<i>2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Казанский Ю. А. Кинетика ядерных реакторов. Коэффициенты реактивности. Введение в динамику : учеб. пособие для студ. вузов / Ю. А. Казанский, Я. В. Слекеничс. - М. : НИЯУ МИФИ, 2012. - 300 с. : ил. (275 экз)
2. Наумов, В.И. Физические основы безопасности ядерных реакторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Наумов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. [Режим доступа http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Naumov_Fizicheskie_osnovy_bezopasnosti_yadernyh_reaktorov_2013.pdf 20.05.2015]
3. Казанский Ю.А., Матусевич Е.С. Экспериментальная физика реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1994г. (135 экз)

б) дополнительная учебная литература:

1. Дементьев В.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986г.
2. Хетрик Д. Динамика ядерных реакторов. Пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1975г.
3. Кипин Дж. Физические основы кинетики ядерных реакторов: Пер. с англ. - М.:Атомиздат, 1965г.

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. E-learning for Nuclear Newcomers [Официальный сайт]. — URL: <http://www.iaea.org/NuclearPower/Infrastructure/elearning/index.html> [Режим доступа: 29.05.2014].
2. Росатом - корпорация знаний [Официальный сайт]. — URL: <https://www.youtube.com/user/MirnyAtom> [Режим доступа: 29.05.2015].
3. Энциклопедия атома Росатом - корпорация знаний [Официальный сайт]. — URL: http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopediya_atoma/defDocument [Режим доступа: 29.05.2015].
4. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://elibrary.ru/> [Режим доступа: 29.05.2015]
5. Научные труды ИБРАЭ РАН URL: <http://www.ibrae.ac.ru/pubs/151/> (дата обращения 20.04.2015)

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия и формулы по темам домашнего задания. Решая упражнения и задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. Решить типовую задачу из данной темы на доске с преподавателем. Написать план решения задач, попробовать на его основе решить 1-2 аналогичные задачи самостоятельно. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Контрольная работа	При выполнении домашних и индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет.

	<p>Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету 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.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

Использование электронных презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

12.1. Перечень программного обеспечения

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows MediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft PowerPoint»).

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебная аудитория для семинарских занятий на 28 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.

Лекционные аудитории на 180 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	лекции	1	лекция-беседа
2.	Общее решение.	лекции	1	лекция-беседа
3.	Одна группа запаздывающих нейтронов.	лекции / практические занятия	4	лекция-беседа, визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций, мозговой штурм
4.	Обращенное решение уравнений кинетики.	лекции / практические занятия	5	лекция-беседа, визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций, мозговой штурм
5.	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	лекции / практические занятия	4	лекция-беседа, визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций, мозговой штурм
6.	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	лекции	3	лекция-беседа, диспут, мозговой штурм
7.	Особенности мощностного и доплеровского КР.	лекции	3	лекция-беседа, визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
8.	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	лекции	2	лекция-беседа
9.	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	лекции	2	лекция-беседа
	приближение без запаздывающих			

10.	нейтронов.	лекции	1	лекция-беседа
11.	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	лекции / практические занятия	4	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных ситуаций
12.	Процессы на мгновенных нейтронах.	лекции / практические занятия	5	лекция-беседа, визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций, мозговой штурм

Программу составил:

А.М. Терехова, старший преподаватель

Рецензент:

Ю.А. Казанский, д.ф.-м.н., профессор