

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

Утверждено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Кинетика ядерных реакторов

название дисциплины

для направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

код и название направления подготовки

образовательная программа

Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины

- формирование теоретических основ в области физико-химических и технологических процессов на АЭС с жидкометаллическими теплоносителями;
- получение практических навыков по использованию знаний в области жидких металлов в производственной и научной деятельности;
- получение навыков работы с научными и справочными материалами по технологии жидких металлов.

Задачи дисциплины

- основы проектирования и конструирования ЯЭУ с жидкометаллическими теплоносителями;
- освоение технологий жидкометаллических теплоносителей;
- обеспечение безопасности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках факультатива.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения общенаучных дисциплин.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

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

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

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач	З-ОПК-1 знать: цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов У-ОПК-1 уметь: составлять общий план работы по заданной теме, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, представлять полученные результаты В-ОПК-1 владеть: систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по

		предложенной теме.
--	--	--------------------

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках освоения ОП магистратуры программа воспитания не реализуется.

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 в семестре:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	16
В том числе:	
лекции	-
практические занятия	16
лабораторные занятия	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет	-
Самостоятельная работа обучающихся	20
Всего (часы):	36
Всего (зачетные единицы):	1

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)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.					
1.1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.		2			1
2	Аналитические решения уравнений кинетики.					
2.1	Общее решение.		1			2
2.2	Одна группа запаздывающих нейтронов.		1			2
2.3	Обращенное решение уравнений кинетики.		1			2
2.4	Решение УК в приближении скачка на мгновенных		1			2

	нейтронах.					
3	Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.					
3.1	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.		1			2
3.2	Особенности мощностного и доплеровского КР.		1			1
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
5	Уравнения динамики реакторов.					
5.1	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.		1			1
5.2	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.		1			1
6	Аналитические решения задач по динамике реакторов.					
6.1	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.		2			2
6.2	Процессы на мгновенных нейтронах.		2			2
7	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.					
7.1	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.		1			1
	Всего:		16			20

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
--------	---------------------------------------	------------

1-2	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	
1-2	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
3-6	Аналитические решения уравнений кинетики.	
3-4	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.
3-4	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).
5-6	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.
5-6	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.
7-8	Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.	
7-8	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 и с Доплер эффектом. Рассматривается зависимость реактивности от изменений плотности реактора за счет внешнего давления.
7-8	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.
9-10	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	
9-10	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.
9-12	Уравнения динамики реакторов.	
9-10	Общий вид уравнений динамики с обратными связями – 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.
11-12	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	При очень медленных изменениях мощности (малые возмущения реактивности) можно подучить аналитические решения зависимости мощности от времени с учетом обратных связей по мощности реактора. При этом используется понятие асимптотического мощностного коэффициента 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.
11-16	Аналитические решения задач по динамике реакторов.	
11-14	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.
13-16	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 реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	
15-16	Анализ реактивностной 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

1. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Кинетика ядерных реакторов», Протокол отделения ЯФУТ №1 от 27.08.2021
2. 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 текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 2 семестр			
1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 1 КР 1
1.1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2	Аналитические решения уравнений кинетики.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 1 КР 1
2.1	Общее решение.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.2	Одна группа запаздывающих нейтронов.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.3	Обращенное решение уравнений кинетики.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.4	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
3	Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
3.1	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
3.2	Особенности мощностного и доплеровского КР.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
4	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
4.1	Коэффициенты реактивности и	З-ОПК-1	

	запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	У-ОПК-1 В-ОПК-1	
5	Уравнения динамики реакторов.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
5.1	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
5.2	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
6	Аналитические решения задач по динамике реакторов.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
6.1	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	З-ОПК-1	
6.2	Процессы на мгновенных нейтронах.	З-ОПК-1	
7	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
7.1	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	З-ОПК-1	
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	зачет	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Оценочное средство № 3 КИ

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».

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>Оценочное средство № 1</i>		60% от 30	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>Оценочное средство № 2</i>		60% от 30	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Зачет	-		
<i>Оценочное средство № 3</i>	-	60% от 40	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

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

75-84		C	существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
70--74		D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
65-69	E		
60-64		3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	

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_bezопасnosti_yadernyh_reaktorov_2013.pdf 20.05.2021]
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

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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.
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Индивидуальное домашнее задание	При выполнении 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.

	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.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение практических занятий использованием слайд-презентаций;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Табличный редактор Microsoft Excel;
3. Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
4. Текстовый редактор NoteBook (Блокнот);
5. Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.

6. Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Не требуется

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

Учебная аудитория (общий аудиторный фонд института)

Доска для написания маркером – 1 шт.

Учебные парты - 10 шт.

Стулья - 20 шт.

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.	практические занятия	2	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
2.	Общее решение.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
3.	Одна группа запаздывающих нейтронов.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
4.	Обращенное решение уравнений кинетики.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
5.	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
6.	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
7.	Особенности мощностного и доплеровского КР.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
8.	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
9.	Общий вид уравнений динамики	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций

	с использованием коэффициентов реактивности.			
10.	Приближенные уравнения динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
11.	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	практические занятия	2	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
12.	Процессы на мгновенных нейтронах.	практические занятия	2	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций
13.	Анализ реактивностной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	практические занятия	1	визуальная семинар с разбором конкретных ситуаций

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

1. Упрощенный вывод уравнения кинетики.
2. Решения уравнений кинетики с одной группой ЗН.
3. Обратные связи в реакторе (коэффициенты реактивности, мощностной КР).
4. Нестационарные процессы накопления ОД при изменении мощности реактора.
5. Запись уравнений динамики для точечного реактора с различными приближениями уравнений кинетики.
6. Решения динамических задач с малыми возмущениями и с реактивностями более β -эф.

14.3. Краткий терминологический словарь

АЭС- атомная электростанция

СЦР – самоподдерживающаяся цепная реакция

ТВС –тепловыделяющая сборка

РБМК – реактор большой мощности канальный

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор

БН – быстрый натриевый реактор

ЗН – запаздывающие нейтроны

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные

методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.) С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с

нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил (а) (и):

Ю.А. Казанский, профессор отделения ЯФиТ, д.т.н., профессор

А.М. Терехова, старший преподаватель

Рецензент (ы):

О.Б. Дугинов, старший научный сотрудник ООО ЭНИМЦ "Моделирующие системы", к.т.н.