

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Димитровградский инженерно-технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель руководителя

\_\_\_\_\_ Т.И. Романовская  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.01 «Асимптотические методы в физике»**

Специальность \_\_\_\_\_ *14.05.01 Ядерные реакторы и материалы*

Квалификация выпускника \_\_\_\_\_ *инженер-физик*

Специализация \_\_\_\_\_ *Ядерные реакторы*

Форма обучения \_\_\_\_\_ *очная*

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ *Ядерные реакторы и материалы*

Кафедра-разработчик рабочей программы \_\_\_\_\_ *Ядерные реакторы и материалы*

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет/кр)
8	108 (3)	17	17	0	74	Зачет
<b>Итого</b>	<b>108 (3)</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>Зачет</b>

Димитровград  
2021 г

## СОДЕРЖАНИЕ

<u>1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</u> .....	3
<u>2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</u> .....	4
<u>3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</u> .....	6
<u>4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ</u> .....	6
<u>5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u> .....	6
<u>6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</u> .....	19
<u>7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)</u> .....	20
<u>8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u> .....	20
<u>9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</u> .....	22
<u>10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ</u> .....	23

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели** освоения дисциплины: ознакомление студентов с асимптотическими методами в анализе (основами теории асимптотических рядов, методов асимптотического разложения интегралов с большим параметром), ознакомление студентов с асимптотическими методами в теории дифференциальных уравнений (в том числе, с линейным и нелинейным методами ВКБ для дифференциальных уравнений, согласованием асимптотических разложений), ознакомление студентов с некоторыми специальными функциями.

**Задачи:** обучить построению и анализу асимптотических решений обыкновенных дифференциальных уравнений и фундаментальных уравнений математической физики.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности.

### Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
Создание математических моделей, описывающих процессы в реакторах, использование фундаментальных законов физики ядра и частиц, гидродинамики и теплообмена, тепломассопереноса, создание новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств.	Атомное ядро, элементарные частицы, ядерные реакторы, реакторные материалы и теплоносители, перспективные и специальные типы ядерных энергетических установок, системы для преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области реакторной физики, ядерных реакторов, ядерных материалов, физические и мате-	ПК-1 Способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	З-ПК-1 Знать: нейтроннофизические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов У-ПК-1 Уметь: создавать теоретические и математические модели в профессиональной области В-ПК-1 Владеть: навыками работы с современными расчетными программными средствами	Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»  Обобщенная трудовая функция  В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий

	<p>математические модели процессов в ядерных установках, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>			
--	---	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- Нейтроннофизические процессы в реакторах;
- Процессы гидродинамики и теплопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы.

Уметь:

- Создавать теоретические и математические модели в профессиональной области.

Владеть:

- Навыками работы с современными расчетными программными средствами.

### 3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина *Асимптотические методы в физике* относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений* модуля *Дисциплины (модули) по выбору 2 (ДВ.2)* учебного плана по специальности *14.05.01. Ядерные реакторы и материалы*.

### 4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	<b>В30</b> формирование культуры ядерной безопасности; <b>В31</b> формирование ответственности за обеспечение безопасной эксплуатации оборудования объектов атомной отрасли; <b>В32</b> формирование ответственной экологической позиции.	Использование воспитательного потенциала дисциплины для: – участие в деятельности студенческого научного общества. – участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях; – участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам Atomskills; – организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности;

### 5 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) *Асимптотические методы в физике* составляет 3 зачетных единиц (ЗЕТ), 108 академических часов.

Таблица 5.1 Объем дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		8
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	3(108)	108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>		
занятия лекционного типа	17	17
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	17	17
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: курсовое проектирование		
групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иные виды внеаудиторной контактной работы		

<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>74</b>	<b>74</b>
изучение теоретического курса	74	74
расчетно-графические задания, задачи		
реферат, эссе		
курсовое проектирование		
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

Таблица 5.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ модуля образовательной программы	№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, акад. часы					Формируемые компетенции
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
1	1	<b>Введение.</b> Язык асимптотической физики – понятия и определения. Новая парадигма – простое и сложное поведение. Внешнее оправдание. Язык и логика нелинейной динамики. Парадокс в хаосе. Сдвиг Бернулли. рообразы динамического хаоса. Логистическое отображение. Проблема турбулентности – Лоренц, Рюэль, Такенс. Преобразование треугольника Пуанкаре и «подкова Смейла». Система Лоренца.	1	1		8	10	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
	2	<b>Динамические системы и их устойчивость.</b> Примеры динамических систем. Фазовые пространства динамических систем. Отображение, свойства отображений: траектория, гладкость, неподвижная точка, прообраз, пересечения. Уравнения движения и отображение. Примеры. Группы и полугруппы.	1	2		8	11	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
	3	<b>Инвариантные множества.</b> Устойчивые, неустойчивые и нейтральные подпространства собственных (присоединенных) векторов. Простейшие инвариантные множества и их устойчивость. Неподвижные точки и циклы. Гиперболичность, сечение Пуанкаре, устойчивость, бифуркации.	1	1		8	10	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
2	4	<b>Обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ).</b> Неподвижные точки ОДУ. Теорема Гробмана-Хартмана. Периодические решения (циклы) автономных систем ОДУ. Фундаментальные решения, матрица монодромии, мультипликаторы Флоке, характеристические показатели. Построение сечения Пуанкаре. Отображение первого возвращения - отоб-	1	1		8	10	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1

		ражение Пуанкаре.						
	5	<p><b>Инвариантная мера динамических систем.</b>  Определение, свойства, эргодические свойства. Инвариантная мера и уравнение Перрона-Фробениуса. Типы инвариантных мер. Абсолютно непрерывная мера. Дискретная мера. Сингулярная мера. Средние значения и корреляции. Авто- и взаимокорреляционная функции. Преобразования плотности вероятности при замене переменных. Уравнение Перрона-Фробениуса. Инвариантная мера. Неразложные, эргодические меры. Устойчивость и сходимости мер. Теорема Крылова-Боголюва (о существовании инвариантной меры). Эргодическая теорема. Теорема о возвращении (Пуанкаре). Примеры непрерывных инвариантных мер. Шум и физическая мера.</p>	2	4		10	16	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
	6	<p><b>Детерминированный хаос.</b>  Фракталы. Основные понятия. Качественные признаки хаоса. Примеры детерминированных динамических систем с хаотическим поведением. Количественные меры хаоса. Показатель Ляпунова. Примеры.  Фракталы – определение. Фрактальные размерности. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Размерности Ренья. Коразмерность. Топологическая сопряженность. Эмпирические фрактальные размерности. Спектральная размерность. Размерность Минковского-Булгана и сосиска Минковского. Регулярные фракталы: канторовская пыль, снежинка фон Коха, салфетка и ковер Серпинского, трехмерный аналог салфетки Серпинского и губка Менгера-Серпинского.  Обобщенная энтропия Ренья и энтропия Шеннона. Топологическая энтропия.  Мультифракталы. Процессы на фрактальных множествах. Диффузия. Производная и интеграл дробного порядка. Оператор отражения. Волновые процессы на фрактальных множествах. Колебания на фрактальных множествах.</p>	3	4		10	17	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
3	7	<p><b>Неподвижные точки и циклы отображений.</b> неподвижная гиперболическая точка. Теорема Гробмана-Хартмана для гиперболических точек. Устойчивость и неустойчивость неподвижных точек.  Асимптотическое поведение, физический смысл и разнообразие устойчивости.  Понятие устойчивости. Шум, устойчивость, структурная устойчивость, предельное множество и асимптотическое поведение динамических систем. Аттрактор, неблуждающее множество.  Четыре признака устойчивости. Предельные множества и устойчивость траекторий по Ляпунову.</p>	3	2		8	13	3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1



		Притягивающие множества. Аттракторы. Устойчивость множества по Ляпунову. Поглощающее множество $\alpha$ - и $\omega$ -инвариантные множества. Неблуждающее множество и устойчивость по Пуассону. Структурная устойчивость и гиперболичность. Понятие топологической эквивалентности (Андронов А.А., Понтрягин Л.С.). Бифуркация, диффеоморфизмы и гомеоморфизмы.						
8		<b>Бифуркации неподвижных точек динамических систем.</b> Бифуркационная диаграмма. Типичная ситуация. Коразмерность бифуркации, типичные бифуркации. Теория несовершенств. Теорема о центральном многообразии: выделение существенных размерностей для анализа бифуркаций. Устойчивое, неустойчивое и центральное инвариантные многообразия и их роль в бифуркационном анализе. Простейшие бифуркации, их нормальные формы. Цепочки бифуркации, сценарии перехода к хаосу: сценарий Ландау; сценарий Рюэля-Такенса; сценарий Фейгенбаума-Шарковского; сценарий Помо-Манневила (переменяемость).	3	1		8	12	З-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
9		<b>Параметры порядка и инерциальные многообразия.</b> Самоорганизация. Адиабатическое приближение и асимптотическое приближение (А.Н. Тихонов). Концепция параметров порядка. Теория инерциальных многообразий для нелинейных диссипативных динамических систем. Оценка размерности аттрактора. Максимальный аттрактор полугруппы (группы) динамических систем	2	1		6	9	З-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
<b>ИТОГО:</b>			<b>17</b>	<b>17</b>		<b>74</b>	<b>108</b>	

## 5.2 Содержание дисциплины

Таблица 5.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции и перечень дидактических единиц*	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Язык асимптотической физики – понятия и определения. Новая парадигма – простое и сложное поведение. Внешнее оправдание. Язык и логика нелинейной динамики. Парадокс в хаосе. Сдвиг Бернулли. рообразы динамического хаоса. Логистическое отображение. Проблема турбулентности – Лоренц, Рюэль, Та-	1	1

		кенс. Преобразование треугольника Пуанкаре и «подкова Смейла». Система Лоренца.		
2	1	Примеры динамических систем. Фазовые пространства динамических систем. Отображение, свойства отображений: траектория, гладкость, неподвижная точка, прообраз, пересечения. Уравнения движения и отображение. Примеры. Группы и полугруппы.	1	1
3	1	Устойчивые, неустойчивые и нейтральные подпространства собственных (присоединенных) векторов. Простейшие инвариантные множества и их устойчивость. Неподвижные точки и циклы. Гиперболичность, сечение Пуанкаре, устойчивость, бифуркации.	1	1
4	2	Неподвижные точки ОДУ. Теорема Гробмана-Хартмана. Периодические решения (циклы) автономных систем ОДУ. Фундаментальные решения, матрица монодромии, мультипликаторы Флоке, характеристические показатели. Построение сечения Пуанкаре. Отображение первого возвращения - отображение Пуанкаре.	1	1
5	2	Определение, свойства, эргодические свойства. Инвариантная мера и уравнение Перрона-Фробениуса. Типы инвариантных мер. Абсолютно непрерывная мера. Дискретная мера. Сингулярная мера. Средние значения и корреляции. Ав-	1	1

		то- и взаимнокорреляционная функции. Преобразования плотности вероятности при замене переменных. Уравнение Перрона-Фрабениуса. Инвариантная мера.		
6	2	Неразложные, эргодические меры. Устойчивость и сходимость мер. Теорема Крылова-Боголюва (о существовании инвариантной меры). Эргодическая теорема. Теорема о возвращении (Пуанкаре). Примеры непрерывных инвариантных мер. Шум и физическая мера.	1	1
7	2	Фракталы. Основные понятия. Качественные признаки хаоса. Примеры детерминированных динамических систем с хаотическим поведением. Количественные меры хаоса. Показатель Ляпунова. Примеры. Фракталы – определение. Фрактальные размерности. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Размерности Ренье. Коразмерность. Топологическая сопряженность. Эмпирические фрактальные размерности. Спектральная размерность. Размерность Минковского-Булигана и сосиска Минковского.	1	1
8	2	Регулярные фракталы: канторовская пыль, снежинка фон Коха, салфетка и ковер Серпинского, трехмерный аналог салфетки Серпинского и губка Менгера-Серпинского.	1	1
9	2	Обобщенная энтропия Ренье и энтропия Шеннона. Топологическая энтропия. Мультифракталы. Процес-	1	1

		сы на фрактальных множествах. Диффузия. Производная и интеграл дробного порядка. Оператор отражения. Волновые процессы на фрактальных множествах. Колебания на фрактальных множествах.		
10	3	Неподвижная гиперболическая точка. Теорема Гробмана-Хартмана для гиперболических точек. Устойчивость и неустойчивость неподвижных точек. Асимптотическое поведение, физический смысл и разнообразие устойчивости. Понятие устойчивости. Шум, устойчивость, структурная устойчивость, предельное множество и асимптотическое поведение динамических систем.	1	1
11	3	Аттрактор, неблуждающее множество. Четыре признака устойчивости. Предельные множества и устойчивость траекторий по Ляпунову. Притягивающие множества. Аттракторы. Устойчивость множества по Ляпунову. Поглощающее множества $\alpha$ - и $\omega$ -инвариантные множества.	1	1
12	3	Неблуждающее множество и устойчивость по Пуассону. Структурная устойчивость и гиперболичность. Понятие топологической эквивалентности (Андронов А.А., Понтрягин Л.С.). Бифуркация, диффеоморфизмы и гомеоморфизмы.	1	1
13	3	Бифуркационная диаграмма. Типичная ситуация. Коразмерность бифуркации,	1	1

		типичные бифуркации. Теория несовершенств. Теорема о центральном многообразии: выделение существенных размерностей для анализа бифуркаций.		
14	3	Устойчивое, неустойчивое и центральное инвариантные многообразия и их роль в бифуркационном анализе.	1	1
15	3	Простейшие бифуркации, их нормальные формы. Цепочки бифуркации, сценарии перехода к хаосу: сценарий Ландау; сценарий Рюэля-Тakensа; сценарий Фейгенбаума-Шарковского; сценарий Помо-Манневиля (перемежаемость).	1	1
16	3	Самоорганизация. Адиабатическое приближение и асимптотическое приближение (А.Н. Тихонов).	1	1
17	3	Концепция параметров порядка. Теория инерциальных многообразий для нелинейных диссипативных динамических систем. Оценка размерности аттрактора. Максимальный аттрактор полугруппы (группы) динамических систем	1	1
Итого:			17	17

Таблица 5.4 - Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, acad. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Язык асимптотической физики – понятия и определения. Новая парадигма – простое и сложное поведение. Внешнее оправдание. Язык и логика нелинейной динамики. Парадокс в	1	1

		хаосе. Сдвиг Бернулли. рообразы динамического хаоса. Логистическое отображение. Проблема турбулентности – Лоренц, Рюэль, Такенс. Преобразование треугольника Пуанкаре и «подкова Смейла». Система Лоренца.		
2	1	Примеры динамических систем. Фазовые пространства динамических систем. Отображение, свойства отображений: траектория, гладкость, неподвижная точка, прообраз, пересечения.	1	1
3	1	Уравнения движения и отображение. Примеры. Группы и полугруппы.	1	1
4	1	Устойчивые, неустойчивые и нейтральные подпространства собственных (присоединенных) векторов. Простейшие инвариантные множества и их устойчивость. Неподвижные точки и циклы. Гиперболичность, сечение Пуанкаре, устойчивость, бифуркации.	1	1
5	2	Неподвижные точки ОДУ. Теорема Гробмана-Хартмана. Периодические решения (циклы) автономных систем ОДУ. Фундаментальные решения, матрица монодромии, мультипликаторы Флоке, характеристические показатели. Построение сечения Пуанкаре. Отображение первого возвращения - отображение Пуанкаре.	1	1
6	2	Определение, свойства, эргодические свойства.	1	1

		Инвариантная мера и уравнение Перрона-Фробениуса. Типы инвариантных мер. Абсолютно непрерывная мера. Дискретная мера. Сингулярная мера.		
7	2	Средние значения и корреляции. Авто- и взаимокорреляционная функции. Преобразования плотности вероятности при замене переменных.	1	1
8	2	Уравнение Перрона-Фрабениуса. Инвариантная мера. Неразложные, эргодические меры. Устойчивость и сходимость мер. Теорема Крылова-Боголюва (о существовании инвариантной меры).	1	1
9	2	Эргодическая теорема. Теорема о возвращении (Пуанкаре). Примеры непрерывных инвариантных мер. Шум и физическая мера.	1	1
10	2	Фракталы. Основные понятия. Качественные признаки хаоса. Примеры детерминированных динамических систем с хаотическим поведением. Количественные меры хаоса. Показатель Ляпунова. Примеры.	1	1
11	2	Фракталы – определение. Фрактальные размерности. Размерность Хаусдорфа-Безиковича. Размерности Ренье. Коразмерность. Топологическая сопряженность. Эмпирические фрактальные размерности. Спектральная размерность.	1	1
12	2	Размерность Минковского-Булигана и сосиска	1	1

		Минковского. Регулярные фракталы: канторовская пыль, снежинка фон Коха, салфетка и ковер Серпинского, трехмерный аналог салфетки Серпинского и губка Менгера-Серпинского.		
13	2	Обобщенная энтропия Ренне и энтропия Шеннона. Топологическая энтропия. Мультифракталы. Процессы на фрактальных множествах. Диффузия. Производная и интеграл дробного порядка. Оператор отражения. Волновые процессы на фрактальных множествах. Колебания на фрактальных множествах.	1	1
14	3	Неподвижная гиперболическая точка. Теорема Гробмана-Хартмана для гиперболических точек. Устойчивость и неустойчивость неподвижных точек. Асимптотическое поведение, физический смысл и разнообразие устойчивости. Понятие устойчивости. Шум, устойчивость, структурная устойчивость, предельное множество и асимптотическое поведение динамических систем. Аттрактор, неблуждающее множество. Четыре признака устойчивости. Предельные множества и устойчивость траекторий по Ляпунову.	1	1
15	3	Притягивающие множества. Аттракторы. Устойчивость множества по Ляпунову. Поглощающее множества $\alpha$ - и $\omega$ -	1	1



		<p>инвариантные множества. Неблуждающее множество и устойчивость по Пуассону.</p> <p>Структурная устойчивость и гиперболичность.</p> <p>Понятие топологической эквивалентности (Андронов А.А., Понтрягин Л.С.). Бифуркация, диффеоморфизмы и гомеоморфизмы.</p>		
16	3	<p>Бифуркационная диаграмма. Типичная ситуация. Коразмерность бифуркации, типичные бифуркации. Теория несовершенств. Теорема о центральном многообразии: выделение существенных размерностей для анализа бифуркаций. Устойчивое, неустойчивое и центральное инвариантные многообразия и их роль в бифуркационном анализе.</p> <p>Простейшие бифуркации, их нормальные формы. Цепочки бифуркации, сценарии перехода к хаосу: сценарий Ландау; сценарий Рюэля-Такенса; сценарий Фейгенбаума-Шарковского; сценарий Помо-Манневиля (пережаемость).</p>	1	1
17	3	<p>Самоорганизация. Адиабатическое приближение и асимптотическое приближение (А.Н. Тихонов). Концепция параметров порядка. Теория инерциальных многообразий для нелинейных диссипативных динамических систем. Оценка размерности аттрактора. Максимальный аттрактор полугруппы (группы) динамиче-</p>	1	1

		ских систем – определение. Асимптотическое распределение и предельные режимы динамических систем. Фрактальная размерность аттрактора. Роль неравенства конуса в теории инерциальных многообразий и форм. Нелинейный метод Галеркина. Примеры.		
		Итого:	<b>17</b>	<b>17</b>

Таблица 5.5 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента (СРС) и перечень дидактических единиц	Трудоемкость, часов
1	1.1	Парадокс в хаосе	2
	1.2	Сдвиг Бернулли	2
	1.3	Система Лоренца	4
	1.4	Примеры динамических систем	4
	1.5	Группы и подгруппы	4
	1.6	Неподвижные точки и циклы	4
	1.7	Теорема Гробмана-Хартмана	4
2	2.1	Отображение Пуанкаре	4
	2.2	Типы инвариантных мер	4
	2.3	Шум и физическая мера	4
	2.4	Эргодическая теорема	4
	2.5	Качественные признаки хаоса	4
	2.6	Фрактальные размерности	4
	2.7	Диффузия	4
3	3.1	Колебания на фрактальных множествах	2
	3.2	Четыре признака устойчивости	4
	3.3	Бифуркация, диффеоморфизмы и гомеоморфизмы	2
	3.4	Устойчивость множества по Ляпунову	2
	3.5	Коразмерность бифуркации	2
	3.6	Сценарий Помо-Манневила (перемежаемость)	4
	3.7	Теория несовершенств	2
	3.8	Адиабатическое приближение	2
	3.9	Оценка размерности аттрактора	2
<b>ИТОГО:</b>			<b>74</b>

## 6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

Интерактивное обучение реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

При выполнении практических работ преподаватель занимается лишь общей организацией и регулированием процесса интерактивного взаимодействия студентов в бригадах, на которые разбивается студенческая группа. Преподаватель, кроме того, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы для успешной реализации заданий, даёт консультации, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана практического занятия. При решении задач практического занятия, студентам приходится вступать в коммуникацию друг с другом, совместно решать поставленные задачи, преодолевать конфликты, находить общие точки соприкосновения, идти на компромиссы. В результате, практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и практические умения.

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины осуществляется за счет использования следующих образовательных технологий:

1. Информационные технологии – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и нормативной документации;

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды.

3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в ядерной энергетике и поиск вариантов лучших решений.

На всех видах контроля студент должен продемонстрировать стандартные профессиональные действия за счет самостоятельного добывания необходимых знаний, умений и компетенций для конкретной и ранее неизвестной ситуации, возникающей при эксплуатации реакторной техники

Применяются вопросы с ветвлением допустимых решений, задачи на формирование прогноза, т.е. предполагаемых изменений в исходном объекте: «Что будет, если сделать то-то?».

При организации самостоятельной работы занятий используются методы самоуправляемой и самоконтролируемой познавательной деятельности через методы и технологии решения задач динамики и безопасности ЯЭУ.

Для проведения занятий с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий используются следующие образовательные технологии и средства освоения дисциплины:

- электронная информационно-образовательная среда НИЯУ МИФИ – Режим доступа <https://eis.mephi.ru/>;

- платформа для проведения on-line конференций и вебинаров ZOOM – Режим доступа <https://zoom.us/>;

- файлообменная система Google Диск – Режим доступа <https://drive.google.com/>;

- система обмена текстовыми сообщениями для мобильных и иных платформ с поддержкой голосовой и видеосвязи WhatsApp;

- социальная сеть ВКонтакте;

- электронная почта преподавателей и студентов.

## 7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Фонд оценочных средств, включающий все виды оценочных средств, позволяющих проконтролировать сформированность у обучающихся компетенций и индикаторов их достижения, предусмотренных ОС НИЯУ МИФИ по специальности 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы, ООП и рабочей программой дисциплины «Асимптотические методы в физике», приведен в Приложении.

**Текущий контроль** студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в следующих:

- тестирование;
- письменные домашние задания;
- устные опросы;
- рефераты;
- доклады;
- контрольные работы,

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов и письменных домашних заданий.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующей форме:

- зачет;

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

## 8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 8.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

N п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.	Современные проблемы нелинейной динамики	Москва	Эдиториал УРСС	2002	1
2	Пригожин И., Спенсер И.	Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой	Москва	Мир	2003	1
3	Мандельброт Б.	Фрактальная геометрия природы	Ижевск	РХД	2001	1
4	Кроновер Р.М.	Фракталы и хаос в динамических системах	Москва	Постмаркет	2000	1

5	Гукенхеймер Дж., Холмс Ф.	Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей	Ижевск-Москва	Институ компьютерных исследований	2002	1
6	Сб. статей под ред. Я.Г. Синая, Л.В. Шильникова.	Странные аттракторы	Москва	Мир	1981	1
7	Макин Р.С.	Введение в элементарную нелинейную динамику	Дмитровград	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2012	1
8	Макин Р.С.	Введение в теорию инвариантных притягивающих множеств	Дмитровград:	ДИТИ НИЯУ МИФИ	2012	1
9	Кузнецов С.П.	Динамический хаос (курс лекций).	Москва.:	Изд-во физ-мат. лит.	2006	1
10	Макин Р.С.	Введение в теорию нелинейных диссипативных динамических систем.	Дмитровград:	ДИТУД Ул-ГТУ	2006	1

## 8.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. <http://www.ditud.ru:2525/> (Электронная библиотека Дмитровградского института технологии, управления и дизайна)
2. [library.mephi.ru/](http://library.mephi.ru/) (Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ)
3. [lanbook.com/ebs.php](http://lanbook.com/ebs.php) (Электронно-библиотечная система издательства «Лань»)

Таблица 8.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	<a href="http://www.library.mephi.ru/">http://www.library.mephi.ru/</a>	Асимптотические методы в физике
2	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Асимптотические методы в физике
3	ЭБС НИЯУ МИФИ	Асимптотические методы в физике
4	ЭБС «Лань»	Асимптотические методы в физике
5	ЭБС «Консультант студента»	Асимптотические методы в

		физике
6	ЭБС «ЮРАЙТ»	Асимптотические методы в физике

### 8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Windows 10 Pro	Операционная система
2	Microsoft Office	Программа дает возможность чтения лекций, просмотра презентаций и различных учебных материалов по предмету.
3	КОМПАС 3D	В данном программном коде возможно просматривать чертежи и схемы оборудования АЭС
4	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
5	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся

Таблица 8.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

	Наименование	Тематика	Электронный адрес
	Гарант	Правовая	<a href="https://www.garant.ru/">https://www.garant.ru/</a>
	Консультант	Правовая	<a href="https://www.consultant.ru/">https://www.consultant.ru/</a>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	<b>Лаборатория ядерных реакторов № 32</b> Посадочные места – 36 Автоматизированное рабочее место преподавателя ПК- 1 шт. Проектор Nec (1 шт.) + экран (настенный) (1 шт.) Документ-камера Aver Vision U 50 (1 шт.)	433511, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева, 294

## **10 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

– Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 N 245);

– Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;

– Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1) .....

2) .....

*или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год*

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_

наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата

Руководитель ООП,

ученая степень, должность \_\_\_\_\_

личная подпись      расшифровка подписи      дата