

Врио директора ИИМ

Врио директора ИГМИ КарНЦ РАН

В.В. Мазалов

2017г.

ДИСЦИПЛИНЫ
ДИСКРЕТНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

профиль подготовки – Дискретная математика и математическая кибернетика

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Петрозаводск
2017

Составитель рабочей программы:

Вед. научн. сотр., доцент, д.ф.-м.н.
(должность, ученое звание, ученая степень)

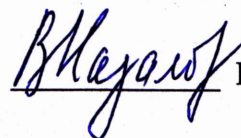

(подпись)

А.Н. Кириллов
(Ф.И.О.)

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и утверждена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН

«16» марта 2017 г., протокол № 3

Председатель Ученого совета
Д.ф.-м.н., проф.



В.В. Мазалов

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. *Целью дисциплины является:* создание условий для формирования системы теоретических знаний в области математического моделирования на основе использования дискретных динамических систем; формирование навыков использования методов анализа динамики в задачах, возникающих в научно-исследовательской и педагогической деятельности; формирование навыков исследования качественных и количественных характеристик динамических математических моделей; повышение квалификации в области научных основ и применении методов теории дискретных динамических систем для решения фундаментальных научных и прикладных научно-технических проблем.

1.2. *Виды профессиональной деятельности:*

- научно-исследовательская деятельность;
- проектная деятельность.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры в соответствии с данными видами профессиональной деятельности, готов решать следующие профессиональные задачи:

- подготовка научных и научно-технических публикаций;
- разработка алгоритмов и программных комплексов с использованием методов теории динамических систем;
- планирование процессов и ресурсов для решения задач в области математического моделирования с использованием дискретных динамических систем;
- использование методов теории дискретных динамических систем в научно-исследовательской, педагогической и производственно-технологической деятельности, включая разработку алгоритмов и компьютерных программ для анализа динамических математических моделей.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Дискретные динамические системы» является вариативной согласно учебному плану ООП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», профиль подготовки – Дискретная математика и математическая кибернетика. Дисциплина изучается в 1-м и 2-м семестрах, направлена на формирование компетенций УК1, УК3, УК4, УК5, ОПК1, ОПК2, ПК1, ПК2, ПК3, ПК4, ПК5.

3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант приобретает следующие компетенции.

Компетенция	Код по ФГОС ВО (уровень подготовки кадров)	Структура компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)		Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	УК1	Знать: текущее состояние современных научных достижений, фундаментальные основы теории динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основы теории динамических систем	
		Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать динамические математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: способностью к анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение
			Повышенный	навыками проведения	

			(продвинутый) уровень	вычислительного эксперимента	полученных знаний для решения практических задач
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки данных с помощью программных комплексов	
Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	УКЗ	Знать: текущее состояние современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, методы и алгоритмы курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в вычислительной лингвистике	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории дискретных динамических систем	
		Уметь: вести научно-исследовательскую деятельность	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать динамические математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать практические задачи	
		Владеть: организационными, коммуникативными навыками, позволяющими осуществлять работу	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения вычислительного эксперимента	

		в исследовательских коллективах	Пороговый (базовый) уровень	методикой решения практических задач	задач
Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	УК4	Знать: текущее состояние современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, методы и алгоритмы курса «Дискретные динамические системы»,	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи теории дискретных динамических систем и методы их решения	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории дискретных динамических систем	
		Уметь: принимать мотивированное решение	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую подготовку для постановки и решения практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные задачи	
		Владеть: навыками принятия решений и способностью нести ответственность за принятые решения	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками математической обработки данных с помощью современных программных комплексов	
			Пороговый (базовый) уровень	навыками проведения вычислительного	

			уровень	эксперимента	
Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК5	Знать: текущее состояние современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, методы и теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные методы теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные понятия современной теории дискретных динамических систем	
		Уметь: принимать мотивированное решение	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую подготовку для постановки и решения практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	использовать математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные задачи	
		Владеть: навыками принятия решений и способностью нести ответственность за принятые решения	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками использования методов научных исследований	
			Пороговый (базовый) уровень	Навыками использования понятий теории дискретных динамических систем	

Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	ОПК1	Знать: текущее состояние современных научных достижений в области теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории дискретных динамических систем	
		Уметь: использовать основные методы теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую подготовку для решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	Успешно реализовывать методы теории дискретных динамических систем в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: навыками и основными методами теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками использования основных методов теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	навыками использования понятий теории дискретных динамических систем	

				систем	
Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	ОПК2	Знать: историю развития дискретной математики и кибернетики и текущее состояние современных научных достижений в этой области	Высокий (превосходный) уровень	Знать: теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	Историю развития теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные принципы использования методов теории дискретных динамических систем	
		Уметь: применять полученные теоретические знания в преподавательской деятельности	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: разрабатывать новые учебные программы для анализа дискретных динамических систем	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать полученные знания при проведении учебных занятий	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: способностью к критическому анализу учебных программ по дискретной математики и математической кибернетики	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения вычислительного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки данных с помощью современных программных комплексов	
Понимание роли и		Знать: методы теории	Высокий	Знать: основные	Посещение лекций,

места теории дискретных динамических систем в математике в целом, их связи с другими разделами математики и другими областями науки	ПК1	дискретных динамических систем, используемые при решении при решении задач в других областях знаний	(превосходный) уровень	теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные методы теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные методы теории дискретных динамических систем, используемые при моделировании	
		Уметь: оценивать методы теории дискретных динамических систем с точки зрения возможности и целесообразности их применения при решении практических задач в области математического моделирования	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученные теоретические знания для решения новых научно-исследовательских и практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать методы теории дискретных динамических систем в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: навыками использования методов теории дискретных динамических систем при моделировании	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения вычислительного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки данных с помощью современных программных комплексов	
		Знать: текущее положение современных	Высокий (превосходный)	Знать: основные теоретические положения	Посещение лекций, семинаров, участие в

самостоятельно эффективные алгоритмы для решения дискретных задач	ПК2	научных достижений в области теории дискретных динамических систем	уровень	курса «Дискретные динамические системы»	научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные понятия и задачи теории дискретных динамических систем	
		Уметь: оценивать методы теории дискретных динамических систем с точки зрения возможности и целесообразности их применения при решении практических задач	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: навыками использования методов теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками использования основных методов теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки данных с помощью методов теории дискретных динамических систем	
Способностью строить математические модели дискретных	ПК3	Знать: текущее состояние современных научных достижений в	Высокий (превосходный) уровень	Знать теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской

динамических систем		области теории дискретных динамических систем	Повышенный (продвинутый) уровень	основные методы теории дискретных динамических систем	деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Пороговый (базовый) уровень	основные понятия современной теории дискретных динамических систем	
		Уметь: оценивать методы теории дискретных динамических систем с точки зрения возможности и целесообразности их применения при построении математических моделей	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать математические модели в научных исследованиях при построении математической модели	
			Пороговый (базовый) уровень	решать практические задачи	
		Владеть: навыками использования методов теории дискретных динамических систем при построении математических моделей	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками использования основных методов теории дискретных динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	методикой решения практических задач	
		Знать: текущее положение современных научных достижений в теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Знать: теоретические положения курса «Дискретные динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные методы теории дискретных динамических систем	
Способностью применять алгебраические, аналитические, комбинаторные, вероятностные и	ПК4				

алгоритмические методы анализа дискретных динамических систем			Пороговый (базовый) уровень	историю развития теории и основные объекты тео- рии дискретных динамиче- ских систем	
		Уметь: оценивать методы теории дискретных динамических систем с точки зрения возможности и целесообразности их применения при решении задач	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полу- ченные теоретические зна- ния для решения новых практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать методы теории дискрет- ных динамических систем в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные прак- тические задачи	
		Владеть: навыками использования методов теории дискретных динамических систем	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными мето- дами научных исследова- ний	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основными методами тео- рии дискретных динамиче- ских систем	
			Пороговый (базовый) уровень	навыками использования методов теории дискрет- ных динамических систем при решении конкретных задач	

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	32
в том числе:	
лекции	14
семинары	-
практические занятия	18
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	40
Вид контроля по дисциплине	зачет

4.2. Лекционные занятия

№ те мы	Название раздела/темы дисциплины	Технология проведения	Формиру- емые компетен- ции (код)	Форма оценочных средств	Трудоемкость (час.)
1	Основные понятия	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 1	коллоквиум	3
2	Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 1	собеседование	3

3	Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 1, ПК 4	коллоквиум	2
4	Квадратичные отображения. Универсальность Фейгенбаума. Динамический хаос	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 1, ПК 3	собеседование	4
5	Элементы комплексной динамики. Ренормализация	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 4	коллоквиум	2
Итого:					14

4.3. Практические (семинарские) занятия

№ темы	Тематика занятий	Технология проведения	Формируемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоемкость (час.)
1	Траектории, инвариантные множества, предельные множества: примеры	Лабораторный практикум	УК 1 ОПК 2	Дискуссия	4
2	Отображение Гаусса. Гомеоморфизмы окружности	Лабораторный практикум	УК 4, ПК 2	Дискуссия	4
3	Квадратичные отображения. Сопряженность	Лабораторный практикум, программирование	ОПК 2	Дискуссия	4
4	Хаотическая динамика	Лабораторный практикум, задача наполнения	ПК 3	Дискуссия	4

		корпуса			
5	Комплексная динамика	Лабораторный практикум, создание словарных статей	ОПК 1	Дискуссия	2
	Итого:				18

5. Содержание дисциплины

Тема №1. Основные понятия

Основные понятия: траектория, периодическая точка и траектория, инвариантное множество. Отображение последования, временной сдвиг вдоль траектории.

Тема №2. Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа

Гомеоморфизмы и диффеоморфизмы окружности. Число вращения. Теоремы Пуанкаре, Данжуа, Эрмана. Равномерное распределение. Теорема Вейля. Математический бильярд в круге. Теорема Биркгофа. Устойчивость бильярдных траекторий.

Тема №3. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского

Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Порядок Шарковского. Теорема Шарковского. Бифуркации.

Тема №4. Квадратичные отображения. Универсальность Фейгенбаума

Отображение Гаусса. Квадратичные отображения. Динамический хаос по Девани. Сдвиг Бернулли. Символическая динамика. Сопряженность. Подкова Смейла. Элементы теории ренормализации

Тема №5. Элементы комплексной динамики. Ренормализация

Комплексная динамика. Множества Жюлиа и Мандельброта. Проблема Кэли.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Формы проведения самостоятельной работы

№	Тема дисциплины	Форма самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)
1	Основные понятия	Исследование конкретных динамических системы	12
2	Динамический хаос	Применение методов хаотической динамики к конкретным динамическим системам	14
3	Комплексная динамика	Исследование квадратичных комплексных динамических систем	14
	Итого:		40

7. Контроль знаний аспирантов

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов:

1) коллоквиум; 2) собеседование; 3) дискуссия.

7.2. Промежуточная аттестация по дисциплине:

проводится в форме зачета.

7.3. Вопросы по дисциплине

«Дискретные динамические системы»

1. Отображения последования и временного сдвига вдоль траекторий
2. Периодические траектории. Инвариантные множества.
3. Гомеоморфизмы окружности.
4. Теоремы Пуанкаре, Данжуа.
5. Теорема Ли-Йорке.
6. Теорема Шарковского
7. Квадратичные отображения.
8. Бифуркации квадратичных отображений
9. Универсальность Фейгенбаума.
10. Сдвиг Бернулли.
11. Метод символической динамики
12. Спряженность и полуспряженность отображений
13. Подкова Смейла.
14. Отображение Гаусса.
15. Множества Жюлиа и Мандельброта
16. Комплексные квадратичные отображения

7.4. Критерии оценки промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине

«Дискретные динамические системы»

Критерии зачета с оценкой	
оценка «отлично»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. Грамотно использует научную лексику, свободно ориентируется в материале курса. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
оценка «хорошо»	Ставится, если аспирант строит ответ в соответствии с планом, обнаруживает понимание теоретических вопросов. Ответ содержит ряд несущественных неточностей. Наблюдается неточность при ответе на дополнительные вопросы. Аспирант успешно справляется с практическим заданием или допускает незначительные ошибки.
оценка «удовлетворительно»	Ставится, если ответ аспиранта недостаточно логически выстроен, обнаруживается недостаточно полное понимание теоретических вопросов, хотя основные понятия раскрываются правильно. Аспирант справляется с практическим заданием, допуская ошибки.
оценка	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно

«неудовлетворительно»	раскрыть содержание основных понятий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы общими рассуждениями. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не способен выполнить практическое задание.
-----------------------	--

Критерии оценки зачета	
«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику, свободно ориентируется в материале курса. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
«незачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий, плохо ориентируется в материале курса. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

7.5. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств: см. Приложение №1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е. Лекции по нелинейной динамике. М., Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика. 2011.
2. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Нелинейная динамика и хаос. М.: URSS. 2018.
3. Каток А.Б., Хасселблат Б. Введение в современную теорию динамических систем. М.: Факториал. 1999.

8.2. Дополнительная литература

1. Кузнецов С.П. Динамический хаос. Курс лекций. М.: Физматлит. 2001.
2. Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Постмаркет. 2000.
3. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. Пер.с англ. Ижевск : Ин-т компьютерных исследований. 2002.
4. Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике. М.: URSS. 2017.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для проведения лекционных и практических занятий, мультимедийное оборудование, доска, доступ к Интернет-ресурсам.

11. Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями осуществляется в соответствии со следующими документами.

1. Ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» .
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».
3. Методические рекомендации 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 зам. Министра образования и науки РФ А.А.Климовым от 8.4.2014 г. № АК-44/05 вн).

Содержание фонда оценочных средств

Коллоквиум

**Вопросы к коллоквиуму по дисциплине
«Дискретные динамические системы»:**

1. Отображение сдвига вдоль траектории
2. Отображение последования.
3. Теоремы Пуанкаре, Данжуа
4. Периодические точки квадратичного отображения.
5. Теорема Ли-Йорке
6. Порядок Шарковского. Теорема Шарковского
7. Универсальность Фейгенбаума
8. Динамический хаос
9. Сопряженность и полусопряженность отображений
10. Подкова Смейла
11. Множества Жюлиа и Мандельброта
12. Комплексное квадратичное отображение

Критерии оценки коллоквиума

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы.
«незачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не отвечает на дополнительные вопросы.

Собеседование

Тема №1. Основные понятия

Основные понятия: траектория, периодическая точка и траектория, инвариантное множество. Отображение последования, временной сдвиг вдоль траектории.

Тема №2. Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа

Гомеоморфизмы и диффеоморфизмы окружности. Число вращения. Теоремы Пуанкаре, Данжуа, Эрмана. Равномерное распределение. Теорема Вейля.

Математический бильярд в круге. Теорема Биркгофа. Устойчивость бильярдных траекторий.

Тема №3. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского

Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Порядок Шарковского. Теорема Шарковского. Бифуркации.

Критерии оценки собеседования

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику, способен привести примеры, демонстрирующие эффективность теории.
«незачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не отвечает на дополнительные вопросы и не ориентируется свободно в излагаемом материале.

Дискуссия

Темы дискуссий

1. Теоремы Пуанкаре, Данжуа
2. Квадратичного отображения: бифуркации
3. Теорема Ли-Йорке
4. Порядок Шарковского. Теорема Шарковского.
5. Универсальность Фейгенбаума
6. Динамический хаос
7. Подкова Смейла
8. Множества Жюлиа и Мандельброта
9. Комплексное квадратичное отображение

Критерии оценки дискуссии:

«зачтено»	Ставится, если аспирант раскрывает тему дискуссии логично, обнаруживает глубокое знание темы. Уверенно отвечает на вопросы, грамотно обосновывает свою позицию. При ответе свободно и уверенно ориентируется в материале.
«незачтено»	Ставится, если аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий по теме дискуссии. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Аспирант не раскрывает тему дискуссии, не обосновывает свою позицию по теме дискуссии.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу _____
(наименование дисциплины)

Для специальности (тей) _____
(номер специальности)

Вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, ФИО, подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ
РАН

« ____ » _____ 20 ____ г.

Председатель Ученого совета

(подпись)

(ФИО)