

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМИ КарНЦ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПМИ КарНЦ РАН

д.ф.-м.н., проф.

В.В. Мазалов

2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

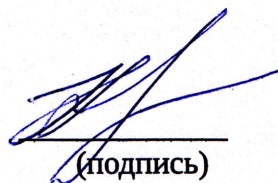
Профиль: Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Петрозаводск
2016

Составитель рабочей программы:

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

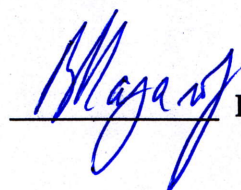

(подпись)

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

« 26 » августа 2016 г., протокол № 9

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 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 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 динамических систем;
- использование методов теории 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 «Динамические системы» является вариативной согласно учебному плану ООП по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Дисциплина изучается в 1-м и 2-м семестрах, направлена на формирование компетенций УК1, УК3, УК6, ОПК2, ОПК7, ПК1, ПК4.

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 «Динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи теории 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 экспери- мента	полученных знаний для решения практических задач
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами обработки данных с помощью программных комплексов	
Готовность участво- вать в работе российских и между- народных исследова- тельских коллективов по решению научных и научно-образова- тельных задач	УКЗ	Знать: текущее состояние современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, методы и алгоритмы курса «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 динамических систем	
		Уметь: вести научно- исследовательскую деятельность	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученные теорети- ческие 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
Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК6	Знать: текущее состояние современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, методы и алгоритмы курса «Динамические системы»,	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи теории динамических систем и методы их решения	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории 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 эксперимента	
Владение культурой		Знать: текущее	Высокий	Знать: основные понятия,	Посещение лекций,

научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	ОПК2	состояние современных научных достижений, методику проведения вычислительных экспериментов и разработки алгоритмов, реализации их на языках программирования	(превосходный) уровень	модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Динамические системы»	семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в теории динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории динамических систем	
		Уметь: проводить вычислительные эксперименты, разрабатывать алгоритмы обработки текста, использовать компьютерные библиотеки и программные среды для обработки текста	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 алгоритмы в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: навыками обработки информации и анализа полученных данных, основными методами научных исследований, навыками проведения вычислительного эксперимента	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	навыками обработки экспериментальных данных с помощью программных комплексов	
Владение методами проведения патентных		Знать: текущее состояние современных	Высокий (превосходный)	Знать: теоретические положения курса	Посещение лекций, семинаров, участие в

исследований, лицензирования и защиты авторских прав при создании инновационных продуктов в области профессиональной деятельности	ОПК7	научных достижений, основы законодательства в области интеллектуальной собственности	уровень	«Динамические системы»	научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в теории динамических систем	
			Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории динамических систем	
		Уметь: применять полученные теоретические знания для решения конкретных практических задач, эффективно использовать математические модели в научных исследованиях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: разрабатывать программные средства для анализа динамических систем	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	эффективно использовать существующие алгоритмы и разрабатывать новые для проведения научных исследований	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	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	
Способность к разработке новых математических методов моделирования	ПК1	Знать: современные подходы и алгоритмы, используемые при решении задач динамического	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные теоретические положения курса «Динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения
			Повышенный	основные алгоритмы,	

объектов и явлений		моделирования, методику проведения вычислительных экспериментов	(продвинутый) уровень	используемые при решении задач построения и анализа динамических математических моделей	практических задач
			Пороговый (базовый) уровень	основы классификации задач, методику решения задач и программирования	
		Уметь: проводить вычислительные эксперименты, разрабатывать математические модели и алгоритмы, использовать программные среды для решения задач анализа динамических систем	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 алгоритмы в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решать конкретные практические задачи	
		Владеть: навыками обработки информации и математического анализа полученных данных	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 научных достижений, методику проведения вычислительных экспериментов, современную	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные теоретические положения курса «Динамические системы»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение знаний для решения практических задач
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные задачи и методы их решения в теории динамических систем	
Готовность к реализации математического обеспечения в виде комплексов проблемно-ориентированных	ПК4				

программ для проведения вычислительного эксперимента		методологию программирования	Пороговый (базовый) уровень	основные задачи теории динамических систем	
		Уметь: проводить вычислительные эксперименты, разрабатывать математические модели и алгоритмы, использовать программные среды для решения задач динамического моделирования	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 обработки информации и математического анализа полученных данных	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	

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 задачи динамики. Потoki, каскады. Структурная устойчивость	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	УК 3	коллоквиум	3
2	Гомеоморфизмы окружности	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 1	собеседование	3

3	Отображения отрезка. Квадратичные отображения	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ОПК 1	коллоквиум	2
4	Символическая динамика. Динамический хаос	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ОПК 7	собеседование	4
5	Элементы эргодической теории	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование учебников, методических пособий и УМК	ПК 4	коллоквиум	2
Итого:					14

4.3. Практические (семинарские) занятия

№ те мы	Тематика занятий	Технология проведения	Формируемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоемкость (час.)
1	Траектории, инвариантные множества, предельные множества: примеры	Лабораторный практикум	УК 1	Дискуссия	4
2	Математический бильярд. Методы теории динамических систем в теории чисел	Лабораторный практикум	УК 6	Дискуссия	4
3	Диаграмма Ламерея. Отображения отрезка	Лабораторный практикум, программирование	ОПК 1	Дискуссия	4
4	Символическая динамика. Марковское	Лабораторный практикум, задача	ОПК 7	Дискуссия	4

	разбиение. Хаос в динамике	наполнения корпуса			
5	Отображения, сохраняющие меру	Лабораторный практикум, создание словарных статей	ПК 1	Дискуссия	2
	Итого:				18

5. Содержание дисциплины

Тема №1. Основные задачи динамики. Потоки, каскады

Основные понятия: поток, каскад, траектория. Периодическая точка и траектория. Инвариантное множество. Предельное множество. Отображение последования. Предельный цикл. 16-ая проблема Гильберта. Устойчивость по Ляпунову. Структурная устойчивость.

Тема №2. Гомеоморфизмы окружности

Поднятие отображения. Гомеоморфизм окружности, сохраняющий ориентацию. Число вращения. Теоремы Пуанкаре, Данжуа, Эрмана. Языки Арнольда. Задача о первых цифрах степеней двойки. Равномерное распределение. Теорема Вейля. Математический бильярд в круге. Теорема Фаньяно. Теорема Биркгофа. Устойчивость бильярдных траекторий.

Тема №3. Отображения отрезка. Квадратичные отображения

Диаграмма Ламерея. Тентообразные отображения. Квадратичные отображения. Периодичность. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского. Универсальность Фейгенбаума. Перекладывания.

Тема №4. Символическая динамика. Динамический хаос

Гомеоморфизм (сдвиг) Бернулли. Марковские разбиения. Хаос в динамике. Определение хаотической динамической системы (по Девани). Признаки хаоса (показатели Ляпунова, топологическая энтропия. Подкова Смейла. Отображение Хенона. Отображение Аносова. Гиперболичность.

Тема №5. Элементы эргодической теории

Эргодичность, перемешивание. Эргодическая теорема Биркгофа. Теорема Хопфа. Отображение Гаусса. Метрическая энтропия. Теорема Лиувилля.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Формы проведения самостоятельной работы

№	Тема дисциплины	Форма самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)
1	Задачи динамики. Потоки, каскады	Исследование конкретной динамической системы: траектории, неподвижные точки, циклы, инвариантные множества,	12

		предельные множества. Устойчивость	
2	Отображения отрезка. Квадратичные отображения	Исследование конкретных отображений отрезка	14
3	Символическая динамика. Динамический хаос	Определение признаков хаоса для различных 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

«Динамические системы»

1. Основные понятия: поток, каскад, траектория.
2. Периодическая точка и траектория. Инвариантное множество. Предельное множество.
3. Отображение последования. Предельный цикл. 16-ая проблема Гильберта.
4. Устойчивость по Ляпунову.
5. Структурная устойчивость.
6. Гомеоморфизм окружности, сохраняющий ориентацию. Поднятие отображения.
7. Теоремы Пуанкаре, Данжуа. Число вращения.
8. Задача о первых цифрах степеней двойки.
9. Равномерное распределение. Теорема Вейля.
10. Математический бильярд в круге.
11. Диаграмма Ламерея. Тентообразные отображения.
12. Квадратичные отображения.
13. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.
14. Универсальность Фейгенбаума.
16. Гомеоморфизм (сдвиг) Бернулли.
17. Хаотическая динамическая система (по Девани).
18. Признаки хаоса (показатели Ляпунова, топологическая энтропия).
19. Подкова Смейла.
20. Отображение Аносова. Гиперболичность.
21. Эргодичность, перемешивание. Эргодическая теорема Биркгофа.
22. Отображение Гаусса.
23. Теорема Лиувилля.

7.4. Критерии оценки промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине

«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 «неудовлетворительно»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно 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. Арнольд В.И. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: МЦНМО. 2002 .
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. Пелюхова Е.Б., Фрадкин Э.Е. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем. СПб: Лань. 2011.
5. Кириллов А.Н. Линейная алгебра в управляемой динамике. КарНЦ РАН. 2012.

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 «Динамические системы»:

1. Траектории. Неподвижные точки. Устойчивость по Ляпунову.
2. Периодические траектории. Инвариантные множества.
3. Отображение последования. Предельный цикл.
4. Структурная устойчивость.
6. Гомеоморфизмы окружности. Теоремы Пуанкаре, Данжуа. Число вращения.
7. Равномерное распределение. Теорема Вейля.
10. Математический бильярд
11. Квадратичные отображения.
12. Теорема Шарковского.
13. Универсальность Фейгенбаума.
14. Хаотическая динамическая система (по Девани).
15. Признаки хаоса (показатели Ляпунова, топологическая энтропия).
16. Подкова Смейла.
17. Гиперболические динамические системы.
18. Эргodicность, перемешивание.
19. Теорема Лиувилля.

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 задачи динамики. Потоки, каскады

Основные понятия: поток, каскад, траектория. Периодическая точка и траектория. Инвариантное множество. Предельное множество. Отображение последования. Предельный цикл. Устойчивость по Ляпунову. Структурная устойчивость.

Тема №2. Гомеоморфизмы окружности

Поднятие отображения. Гомеоморфизм окружности, сохраняющий ориентацию. Число вращения. Теоремы Пуанкаре, Данжуа. Равномерное распределение. Теорема Вейля.

Тема №3. Отображения отрезка. Квадратичные отображения

Диаграмма Ламерея. Квадратичные отображения. Периодичность. Теорема Шарковского. Универсальность Фейгенбаума. Перекладывания.

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. Предельный цикл. 16-ая проблема Гильберта.
2. Устойчивость по Ляпунову. Структурная устойчивость.
3. Гомеоморфизм окружности. Теоремы Пуанкаре, Данжуа. Число вращения.
4. Равномерное распределение. Теорема Вейля.
5. Математический бильярд в круге.
6. Квадратичные отображения. Неподвижные точки, периодичность, хаос.
7. Теорема Шарковского.
8. Универсальность Фейгенбаума.
9. Хаотическая динамическая система (по Девани). Признаки хаоса
10. Подкова Смейла.

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)