Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение   
высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Механико-математический факультет

|  |  |
| --- | --- |
|  | УТВЕРЖДАЮ  Декан механико-математического факультета МГУ  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/А. И. Шафаревич /  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2023 г. |
|  | М.П. |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование дисциплины (модуля): | Динамические системы |
| Уровень высшего образования: | Бакалавриат, магистратура, специалитет |
| Направление подготовки /специальность: | Межфакультетский, по выбору студента |
| Направленность(профиль)/специализация ОПОП: | Междисциплинарный общеобразовательный |
| Форма обучения: | Очная |
| Язык преподавания: | Русский |
| Автор программы: | Липатов Максим Евгеньевич |

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

*На заседании кафедры теории динамических систем*

(протокол № 1/2023 от 20.01.2023)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки/ специальности для студентов всех факультетов МГУ в соответствии с приказом № 43 от 13 февраля 2013 г.

**Содержимое**

[1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО 3](#_Toc125280821)

[2. Объем дисциплины (модуля) 3](#_Toc125280822)

[3. Формат обучения 3](#_Toc125280823)

[4. Преподаватели 3](#_Toc125280824)

[5. Входные требования для освоения дисциплины (модуля) 3](#_Toc125280825)

[6. Результаты обучения по дисциплине (модулю) 3](#_Toc125280826)

[7. Содержание дисциплины (модуля) 3](#_Toc125280827)

[8. Ресурсное обеспечение 5](#_Toc125280828)

8.1. [Список основной литературы 5](#_Toc125280829)

8.2. [Список дополнительной литературы 5](#_Toc125280830)

8.3. [Список программного обеспечения 5](#_Toc125280831)

8.4. [Список баз данных и информационных справочных систем 5](#_Toc125280832)

8.5. [Список ресурсов сети «Интернет» 5](#_Toc125280833)

8.6. [Материально-техническое обеспечение 5](#_Toc125280834)

[9. Фонд оценочных средств 5](#_Toc125280835)

9.1. [Вопросы к зачету 6](#_Toc125280836)

9.2. [Текущий контроль успеваемости 6](#_Toc125280837)

9.3. [Промежуточная аттестация 6](#_Toc125280838)

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина является межфакультетским курсом.

1. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., 36 академических часов, в том числе 24 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 12 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

1. Формат обучения

Дисциплина реализуется в очной форме с использованием электронного обучения

и дистанционных образовательных технологий (для выполнения домашних заданий).

1. Преподаватели

Дисциплину ведет доцент кафедры теории динамических систем Липатов М.Е.

1. Входные требования для освоения дисциплины (модуля)

Предварительные условия отсутствуют

1. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Компетенции выпускников** | **Индикаторы достижения компетенций, реализуемые в настоящей дисциплине (модуле)** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций** |
| **Компетенция СПК-1**  Знание идей и теоретических основ теории динамических систем, умение применять её методы при исследовании математических моделей процессов различной природы. | **Индикатор СПК-1.1**  Знает теоретические основы теории динамических систем. | Знать основные понятия, определения и теоремы теории динамических систем. |
| **Индикатор СПК-1.2**  Умеет применять методы теории динамических систем при исследовании математических моделей. | Знать важнейшие математические модели динамических систем.  Уметь решать простейшие математические задачи, связанные с динамическими системами. |

1. Содержание дисциплины (модуля)

Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Номинальные трудозатраты обучающегося** | | | | |
|  | **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, ак. ч.** | | | Самостоятельная работа,  ак. ч. |
| Всего,  ак. ч. | Ауд.,  ак. ч. | Лекции,  ак. ч. | Семинары, прак.,  ак. ч. |
| Основные классы динамических систем и динамические свойства. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Векторные поля, теория Пуанкаре–Бендиксона и индексы. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Структурная устойчивость. Гиперболичность. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Бифуркации и катастрофы. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Одномерная динамика. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Гамильтоновы системы. Теория КАМ. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Эргодическая теория: возвращаемость, стохастические свойства. Эргодические теоремы. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Спектр динамической системы. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Термодинамический формализм и информация. Энтропия. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Гиперболические системы и символическая динамика. СРБ-меры. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Аттракторы. Размерность. | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| Проведение зачета | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| **Итого** | **36** | **24** | **24** | **0** | **12** |

1. Ресурсное обеспечение

Список основной литературы:

1. В.И. Арнольд, А. Авец, «Эргодические проблемы классической механики». Ижевск: Ижевская республиканская типография, 1999.
2. Х.В. Брур, Ф. Дюмортье, С. ван Стрин, Ф. Такенс, «Структуры в динамике. Конечномерные детерминированные системы». М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
3. А.Б. Каток, Б. Хасселблат, «Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений». М.: МЦНМО, 2005.
4. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Динамические системы – 1. М.: ВИНИТИ, 1985.
5. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Динамические системы – 2. М.: ВИНИТИ, 1985.
6. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Динамические системы – 3. М.: ВИНИТИ, 1985.
7. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Динамические системы – 5. М.: ВИНИТИ, 1986.
8. Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики. Фундаментальные направления. Динамические системы – 9. М.: ВИНИТИ, 1991.­­­

Список дополнительной литературы:

1. Б. Мандельброт, «Фрактальная геометрия природы». М.: Институт компьютерных

исследований, 2002.

1. Дж. Глейк, «Хаос: Создание новой науки». СПб.: Амфора, 2003.
2. И. Стюарт, «Играет ли Бог в кости? Математика хаоса». 2005.
3. Д. Рюэль, «Случайность и хаос». М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
4. Х.С. Думас, «Теория КАМ: как это было. Краткое знакомство с содержанием, историей и значением классической теории Колмогорова–Арнольда–Мозера». М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2017.

Список программного обеспечения

Не требуется (при использовании ДОТ – Zoom или эквивалентная по функциям система)

Список баз данных и информационных справочных систем

Общие библиотечные ресурсы

Список ресурсов сети «Интернет»

<http://www.scholarpedia.org/article/Category:Dynamical_systems>

Материально-техническое обеспечение

Аудитория (при использовании ДОТ – Zoom или эквивалентная по функциям система)

1. Фонд оценочных средств
   1. Вопросы к зачету:
2. Какими динамическими свойствами могут обладать бильярды?
3. В чем заключается теорема о причесывании ежа?
4. Что такое предельный цикл?
5. Какие векторные поля на плоскости структурно устойчивы?
6. Что такое системы Аносова?
7. Что такое неблуждающее множество динамической системы?
8. Какова структура систем, удовлетворяющих аксиоме А?
9. Как происходит бифуркация Андронова–Хопфа?
10. Что такое универсальность Фейгенбаума?
11. Что такое порядок Шарковского?
12. Как устроены вполне интегрируемые гамильтоновы системы?
13. В чем заключается теория КАМ?
14. Что утверждает теорема Пуанкаре о возвращении?
15. Как выглядит иерархия эргодических свойств?
16. Какой спектр у поворота окружности?
17. Что такое распределение Гиббса?
18. Что такое подкова Смейла?
19. Как показатели Ляпунова связаны с хаосом?
20. Что утверждает теорема Оселедца?
21. Что такое марковское разбиение?
22. Чему равна энтропия отображения кошки Арнольда?
23. Как устроен аттрактор Плыкина?
24. Чему равна хаусдорфова размерность ковра Серпинского?
    1. Текущий контроль успеваемости

Не предполагается

Промежуточная аттестация

Зачет