**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Динамические системы и их компьютерное моделирование

Dynamical Systems and Simulation

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 052381

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Обучение обучающихся методам теории систем обыкновенных дифференциальных уравнений, в частности, основам качественной теории таких систем, основам теории бифуркаций, подготовка обучающихся к восприятию других дисциплин, использующих теорию дифференциальных уравнений, а также к использованию этих методов при математическом и компьютерном моделировании и решении задач естествознания, экономики и других прикладных задач; развитие у обучающихся доказательного, логического мышления, подготовка к самостоятельным научным исследованиям; подготовка к восприятию других математических и специальных дисциплин, выработка практических навыков применения теоретических знаний.

Поставленные цели достигаются путём решения следующих задач курса: изучение основных разделов качественной теории дифференциальных уравнений; развитие навыков самостоятельного решения практических задач и геометрической интерпретации полученных результатов; обеспечение базы для усвоения приближенных методов вычислений и соответствующих компьютерных программ; повышение математической культуры обучающегося.

Курс дает обучающимся комплекс аналитических, алгебраических и геометрических методов, позволяющих изучать свойства широкого спектра математических моделей в естествознании. Дисциплина является одной из базовых в подготовке к профессиональной деятельности в области теоретической и прикладной математики и служит основой для изучения других математических дисциплин как теоретического, так и прикладного характера, входящих в программу обучения на факультете.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающйхся должен иметь предварительную подготовку по основным математическим дисциплинам - математическому анализу, высшей алгебре и геометрии, изучаемых на первых курсах математико-механического факультета университета, обладать знаниями по теории дифференциальных уравнений в объеме программы университета, должен быть знаком с основами теории множеств, дискретным анализом, основами теории вероятностей, иметь практические навыки программирования.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Выпускник должен знать содержание дисциплины «Методы компьютерного моделирования динамических систем» и иметь достаточно полное представление о возможностях применения ее разделов, уметь исследовать свойства решений дифференциальных уравнений и динамических систем аналитическими методами, уметь выбирать и применять подходящие алгоритмы при решении конкретных задач. А также уметь корректно поставить задачу, строго доказать утверждение, владеть качественными и компьютерными методами исследования математических моделей, описывающих проблемы естествознания и техники в виде дифференциальных уравнений и систем, иметь способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, прежде всего в теоретической механике, социологии, экономике, физике, астрономии, нелинейной оптике и других прикладных областях науки и техники.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Аудиторная учебная работа: практические занятия, зачет (промежуточная аттестация).

Самостоятельная работа с использованием методических материалов: индивидуальная работа с рекомендованной основной и дополнительной литературой по теории дифференциальных уравнений.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 7 | 30 |  |  | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 40 |  | 6 |  | 30 | 3 |
|  | 2-100 |  |  | 10-25 |  |  |  |  | 10-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 30 |  |  | 30 |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 40 |  | 6 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 7 |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п.** | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** |
| 1 | Основные понятия теории динамических систем. Определения и примеры. Цели и результаты компьютерного моделирования. | лекции | 22 |
| практические занятия | 24 |
| сам. раб. по методическим материалам | 42 |
| 2 | Линейные и нелинейные модели. Обыкновенные дифференциальные уравнения, разностные уравнения и множества их решений. | лекции | 42 |
| практические занятия | 44 |
| сам. раб. по методическим материалам | 42 |
| 3 | Неподвижные и периодические точки. Детерминированный хаос. Хаотические отображения. Логистическое отображение. | лекции | 44 |
| практические занятия | 44 |
| сам. раб. по методическим материалам | 44 |
| 4 | Инвариантные множества и аттракторы динамических систем. Системы на плоскости. | лекции | 46 |
| практические занятия | 46 |
| сам. раб. по методическим материалам | 46 |
| 5 | Понятие фрактальной размерности. Хаусдорфова размерность множества. | лекции | 48 |
| практические занятия | 44 |
| сам. раб. по методическим материалам | 6 |
| 6 | Методы символической динамики. Символический образ динамической системы. | лекции | 44 |
| практические занятия | 42 |
| сам. раб. по методическим материалам | 64 |
| 7 | Алгоритмы локализации инвариантных множеств с помощью символического образа. | лекции | 42 |
| практические занятия | 42 |
| сам. раб. по методическим материалам | 62 |
| 8 | Примеры моделирования конкретных динамических систем. Системы Хенона, Икеды, Лоренца. | лекции | 42 |
| практические занятия | 44 |
| сам. раб. по методическим материалам | 6 |
| 9 | Промежуточная аттестация | самостоятельная работа | 6 |
| зачет | 2 |
| **Итого** | | | **108** |

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

По курсу предусмотрено чтение лекций и зачет. Лекции читают опытные преподаватели, как правило, с большим стажем работы.

Все обучающиеся должны быть обеспечены учебниками, рекомендованными по курсу.

Обучающиеся должны посещать лекции, выполнять задания преподавателей.   
Обучающемуся необходимо знать содержание лекций, уметь формулировать определения основных понятий и утверждений, уметь применять методы и доказательства теорем при решении конкретных задач по программе курса.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При самостоятельном выполнении индивидуальных и контрольных заданий целесообразно использовать рекомендованные учебники и задачники, а также дополнительную литературу.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

В течение учебного года по дисциплине проводятся аудиторные контрольные работы, задаются задачи и упражнения для самостоятельной работы, проводится зачет. В процессе обучения каждый студент снабжается набором задач, которые необходимо уметь решать для положительной оценки по аттестации.

Методика проведения зачета.

Зачет проводится в устной или письменной форме. Преподаватели имеют набор контрольных практических и теоретических заданий и тестов для проведения зачета. Зачет выставляется по итогам текущего контроля и результатам решения контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации.

Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы зачета не разрешается. В случае обнаружения факта использования недозволенных материалов (устройств) составляется акт, и обучающийся удаляется с экзамена.

Критерии выставления оценок:

«Зачет» ставится за полностью решенные задания текущего контроля, контрольных тестов и заданий и правильные ответы на дополнительные вопросы преподавателя.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Примерный писок вопросов к зачету:

1. Цели и результаты компьютерного моделирования.
2. Основные понятия теории динамических систем. Определения и примеры.
3. Линейные и нелинейные модели.
4. Обыкновенные дифференциальные уравнения, разностные уравнения и множества их решений.
5. Неподвижные и периодические точки.
6. Хаотические отображения. Логистическое отображение.
7. Инвариантные множества и аттракторы динамических систем.
8. Понятие фрактальной размерности.
9. Хаусдорфова размерность множества.
10. Методы символической динамики.
11. Символический образ динамической системы.
12. Алгоритмы локализации инвариантных множеств с помощью символического образа.
13. Примеры моделирования конкретных динамических систем.
14. Система Хенона.
15. Система Икеды.
16. Система Лоренца.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

К преподаванию практических занятий могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Требуется присутствие инженера по обслуживанию компьютеров при самостоятельной работе студентов в компьютерном классе.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Требуются стандартно оборудованные лекционные аудитории (доска, мел, губка, маркер).

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

При проведении отдельных занятий возможно использование студентами компьютерных математических пакетов для выполнения практических заданий.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не предусмотрены.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не предусмотрены.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Мел, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски в объеме, необходимом для проведения занятий, по заявкам преподавателей.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Осипенко Г.С., Н.Б. Ампилова. Введение в символический анализ динамических систем. Уч. Пособие. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2005.

2. Юдович В.И. Математические модели естественных наук. – СПб: Лань, 2011. + ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: <http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=689>)

3. Леонов Г.А. Странные аттракторы и классическая теория устойчивости движения. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2004.

4.Малинецкий Г.Г., А.Б. Потапов. Современные проблемы нелинейной динамики. - М., 2000.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Каток А.Б., Б. Хасселблат. Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений. - М.: МЦНМО, 2005.

2. Васильев. А.Н. Числовые расчеты в Excel. – СПб: Лань, 2014. + ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2290/book/68464#book\_name

3. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB. – СПб: Лань, 2013. + ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2290/book/5848#book\_name

4. Воскобойников В.Е. Регрессионный анализ данных в пакете MATHCAD + CD. – СПб: Лань, 2011. + ЭР ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2290/book/666#book\_name

5. Pilyugin S.Yu. Shadowing in Dynamical Systems. Lect. Notes in Math., vol. 1706. Springer Verlag, 1999. - ЭР открытого доступа в сети интернет: http://www.read.in.ua/book133460/

6. Osipenko . G. Dynamical Systems, Graphs, and Algorithms. Lect. Notes in Math., vol. 1889. - Springer Verlag, 2007. - ЭР по подписке СПбГУ: https://find.library.spbu.ru/vufind/Record/978-3-540-35595-3

7. Прудников В.В., Вакилов А.Н., Прудников П.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования. – М.: Физматлит, 2009. - ЭР ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2290/book/2288#book\_name

8. Lynch S. Dynamical systems with applications using MapleTM. Second edition. Birkhauser Boston, Inc., Boston, MA, 2010. ЭР открытого доступа в сети интернет: https://www.twirpx.com/file/520853/

9. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. – СПб: Лань, 2016. ЭР ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: https://proxy.library.spbu.ru:2290/book/76825#book\_name

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

1. <http://www.umu.spbu.ru>.

2. <http://www/etudes.ru> - ЭР открытого доступа в сети Интернет

**Раздел 4. Разработчики программы**

Ампилова Наталия Борисовна, д.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры информатики,

Ильин Юрий Анатольевич, кандидат ф.-м. н., доцент, доцент кафедры дифференциальных уравнений. [a.zhiglevich@spbu.ru](mailto:a.zhiglevich@spbu.ru); (812) 428-69-59