

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156741	Математическое моделирование живых систем

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Современные проблемы математики 2. Современные проблемы компьютерных наук	Код ОП 1. 01.04.01/33.01 2. 02.04.01/33.01
Направление подготовки 1. Математика; 2. Математика и компьютерные науки	Код направления и уровня подготовки 1. 01.04.01; 2. 02.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Пименов Владимир Германович	д.ф.м.н., профессор	заведующий кафедрой	Кафедра вычислительной математики и компьютерных наук

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Математическое моделирование живых систем

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входит одна дисциплина «Математическое моделирование живых систем». Курс посвящен рассмотрению математических проблем биологии и приложению математических методов к построению моделей живых систем на основе изучения наиболее развитых и широко принятых в научной среде современных биологических моделей и теорий. Программа охватывает широкий класс моделей от биохимических реакций до функции органов и систем. Программа направлена на расширение представлений студентов о приложении математических знаний, а также на привлечение их к научной деятельности.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Математическое моделирование живых систем	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Современные научные исследования

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Математическое моделирование живых систем	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать

	реальные или модельные эксперименты	<p>необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p> <p>Д-2 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели</p>
	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	ПК-6 - Способен анализировать и обосновывать адекватность математических моделей	<p>З-1 - Формулировать методы и средства организации исследований и разработок</p> <p>З-2 - Определять методы решения задачи в конкретной области профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Анализировать существующий опыт в конкретной области компьютерного моделирования и анализа данных</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор модели и методов проведения компьютерных экспериментов</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт интерпретации получаемых результатов моделирования</p>

		Д-1 - Демонстрировать умение обучаться на опыте
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Математическое моделирование живых
систем

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Соловьева Ольга Эдуардовна	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	вычислительной математики и компьютерных наук

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 6 от 15.10.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Соловьева Ольга Эдуардовна, Профессор, вычислительной математики и компьютерных наук

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Формулировка целей и задач курса, место курса в профессиональной подготовке студентов, связь с другими дисциплинами. Обзор тем, рассматриваемых в рамках курса. Демонстрация достижений математической биологии в университетах и научных учреждениях России и ведущих международных центрах. Международные программы исследований в области математической биологии и биоинформатики.
2	Методы системной биологии	Математическая биология. Понятие модели. Объект, цель и метод (средства) моделирования. Примеры простейших моделей, сформулированных в биологической постановке. Специфика моделей живых систем. Функции математических моделей живых систем.
3	Скалярные модели динамики численности популяций	Кинетические модели биологических систем, описываемые одним дифференциальным уравнением первого порядка. Модели роста популяции. Уравнение экспоненциального роста (уравнение Мальтуса). Модели роста популяции. Модель ограниченного роста, логистическое уравнение Ферхюльста. Учет «охоты» в динамике популяции, критические значения параметра «охоты», бифуркации. Дискретные модели популяций. Дискретное логистическое уравнение. Особенности динамики непрерывной и дискретной систем. Пример псевдохаотических решений в дискретной модели.

		<p>Кинетические модели, описываемые системами двух автономных дифференциальных уравнений. Качественные методы исследования динамической системы (в частности, системы обыкновенных дифференциальных уравнений). Фазовая плоскость, фазовые траектории, изоклины, особые точки. Оценка устойчивости системы. Типы особых точек и их характеристика. Бифуркационная диаграмма. Пример: кинетические уравнения Лотки.</p> <p>Иерархия времен в биологических системах. Проблема быстрых и медленных переменных. Теорема Тихонова. Методы декомпозиции и редукции больших систем.</p>
4	Кинетика ферментативных реакций	<p>Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса—Ментен. Математическая модель ферментативной реакции. Обезразмеривание системы как важный шаг исследования модели. Сингулярные системы. Метод квазистационарных решений. Скорость реакции как функция концентрации субстрата. Система фермент-субстрат-ингибитор.</p> <p>Модели различных типов ингибирования ферментативных реакций как примеры различных видов регуляции в биологических системах. Конкурентное ингибирование. Неконкурентное ингибирование. Кооперативные явления в ферментативной кинетике, их моделирование. Кривая Хилла, методы оценки кинетических параметров ферментативных (биохимических) реакций. Ферментативная реакция с ингибированием субстратом.</p> <p>Моделирование микробных популяций.</p>
5	Триггерные системы в биологии	<p>Понятие о биологических триггерах. Способы переключения в триггерных системах. Зависимость решений от параметров. Понятие о бифуркациях.</p> <p>Модель отбора одного из равноправных. Модель генетического триггера Жакоба и Моно. Анализ системы 2-х ОДУ.</p> <p>Ферментативная реакция с ингибированием субстратом как пример мультистационарной системы. Нелинейная система.</p>
6	Автоколебательные процессы в биологических системах. Модели взаимодействующих видов	<p>Колебания в биологических системах. Условия возникновения автоколебаний. Предельный цикл. Модель «Брюсселятор» как пример автоколебательной системы. Модели взаимодействия двух видов. Модель Вольтерра «Хищник-жертва», качественный анализ модели. Модель конкуренции. Обобщенная модель взаимодействия биологических видов типа «хищник-жертва».</p>

7	Модели транспорта веществ через биомембраны	Мембраны: строение, функция. Пассивный транспорт (диффузия). Уравнение диффузии. Закон Фика. Реакционно-диффузионное уравнение. Активный транспорт – клеточные насосы. Уравнение Нернста для равновесного потенциала. Уравнение Голдмана-Ходжкина-Каца. Понятие проницаемости и проводимости мембраны. Ионный транспорт через каналы. Основные свойства ионных каналов. Уравнение Нернста-Планка для электродиффузии. Физические принципы работы канала и модели каналов.
8	Модели возбудимых сред	Мембранный потенциал покоя. Уравнения для равновесного мембранного потенциала. Мембранный потенциал действия. Связь между ионными токами и мембранным потенциалом. Нервный импульс. Описание ионных токов в классической модели Ходжкина—Хаксли. Качественный анализ модели Ходжкина—Хаксли. Её характеристика и значение для электрофизиологии клетки. Распространение импульса в возбудимой среде. Описание распространения электрической волны в одномерной возбудимой ткани с помощью кабельного уравнения.
9	Моделирование мышечного сокращения	Молекулярная организация сократительного аппарата миофибрилл. Связь сила-скорость мышцы: модель Хилла. Решение модели Хилла для изометрического тетануса. Решение модели Хилла для отпускания мышцы с постоянной скоростью. Мостиковая модель мышечного сокращения Хаксли. Уравнение для доли прикрепленных поперечных мостиков. Стационарный случай. Кусочное решение модели. Зависимость «сила-скорость» в модели мышечного сокращения Хаксли
10	Моделирование сердечной мышцы как пример моделирования сложной биологической системы	Различные уровни организации биологической системы от органа к клетке и обратно: от молекулярного до органного уровня. Масштабы изменения величин, характерные времена процессов. Построение интегративных моделей, объединяющих различные уровни организации системы. Электромеханическое сопряжение в сердечных клетках. Моделирование электрических и механических явлений в сердечной мышце на микро- и макро-уровнях. Предсказания модели и их экспериментальная верификация.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование живых систем

Электронные ресурсы (издания)

1. , Соловьева, О. Э.; Математическое моделирование живых систем : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлениям подготовки 010100 "Математика", 010200 "Математика и компьютерные науки", 201000 "Биотехнические системы и технологии", 100900 "Прикладная математика и физика", 020400 "Биология", 011200 "Физика", по специальностям 200402 "Инженерное дело в медико-биологической практике", 230401 "Прикладная математика".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2013; <http://hdl.handle.net/10995/28064> (Электронное издание)
2. , Трусков, П. В.; Введение в математическое моделирование : учебное пособие.; Логос, Москва; 2004; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84691> (Электронное издание)
3. Братусь, А. С.; Динамические системы и модели биологии : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=67304> (Электронное издание)
4. , Ризниченко, Г. Ю., Рубин, А. Б.; Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах; Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, Москва, Ижевск; 2010; <http://www.iprbookshop.ru/16513.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Романовский, Ю. М.; Математическое моделирование в биофизике. Введение в теоретическую биофизику; Ин-т компьютер. исслед., Москва; 2004 (2 экз.)
2. Рубин, А. Б.; Биофизика : Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. Теоретическая биофизика; Книжный дом "Университет", Москва; 1999 (2 экз.)
3. Рубин, А. Б.; Биофизика : учебник для вузов : [в 2 т.]. Т. 2. Биофизика клеточных процессов; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 2004 (37 экз.)
4. , Ашихмин, В. Н., Гитман, М. Б., Келлер, И. Э., Наймарк, О. Б., Столбов, В. Ю., Трусков, В. Ю.; Введение в математическое моделирование : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 511200 - "Математика. Прикладная математика".; Логос, Москва; 2004 (9 экз.)
5. , Калиткин, Н. Н., Карпенко, Н. В., Михайлов, А. П., Тишкин, В. Ф., Чернеков, М. В.; Математические модели природы и общества : [монография].; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
6. Бэгшоу, К., Габелова, Н. А.; Мышечное сокращение; Мир, Москва; 1985 (4 экз.)
7. Романов, М. Ф., Федоров, М. П.; Математические модели в экологии; Издательство СПбГТУ, Санкт-Петербург; 2001 (10 экз.)
8. Ризниченко, Г. Ю.; Лекции по математическим моделям в биологии Ч. 1. Описание процессов в живых системах во времени; РХД, Москва; 2002 (1 экз.)
9. Самойлов, В. О.; Медицинская биофизика : учебник.; СпецЛит, Санкт-Петербург; 2004 (1 экз.)
10. Волькенштейн, М. В., Алферов, Ж. И.; Биофизика : учеб. пособие.; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2008 (1 экз.)
11. Джексон, М. Б., Жуковская, Е. В., Луцкекина, С. В., Медведникова, М. М., Савицкий, А. П., Журавлев, А. И.; Молекулярная и клеточная биофизика; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2013 (1 экз.)
12. ; Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Биология".; Академия, Москва;

2009 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ, УМК-Д Математическое моделирование живых систем http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=11083

Электронный образовательный ресурс «Математическое моделирование живых систем». <http://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=51>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека УрФУ [сайт]. URL: <http://lib.urfu.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование живых систем

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES Matlab+Simulink Google Chrome
2	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES Matlab+Simulink Google Chrome

3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Google Chrome</p>
4	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	<p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p> <p>Google Chrome</p>