

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

Президиумом ученого совета ННГУ

протокол от

«14» декабря 2021 г., № 4

Рабочая программа дисциплины

Основы динамических систем в биологии

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

06.03.01 Биология

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Биология (общий профиль)

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2022 год

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.06.07 «Основы динамических систем в биологии» относится к части ООП направления подготовки 06.03.01 «Биология», формируемой участниками образовательных отношений.

Целью освоения дисциплины «Основы динамических систем» является:

формирование у студентов теоретических представлений о динамических системах, математических моделях в биологии и нейробиологии, основных теоретических методах исследования динамических систем и соответствующих им математических моделей.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 – Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам	ПК-1.1. Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах;	<i>Знает и понимает</i> основные понятия и положения теории динамических систем, основы теории устойчивости, теории бифуркаций динамических систем на прямой и плоскости.;	Вопросы для собеседования Тестовые задания Практические задания Доклад
	ПК-1.2. Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах;	<i>Умеет</i> применять теоретические знания и основные методы нелинейной динамики для исследования математических моделей в нейробиологии, а также анализировать и представлять полученные данные.	

биологии и экологии			
	ПК-1.3. Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования.	<i>Владеет</i> основными методами нелинейной динамики и бифуркационного анализа для исследования математических моделей в нейробиологии.	

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	64
- занятия лекционного типа	32
- лабораторные работы	32
самостоятельная работа	42
КСР	2
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	в том числе			
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
Тема 1. Введение в теорию динамических систем.	8	2	2	4	4
Тема 2. Одномерные динамические системы, фазовая прямая.	8	2	2	4	4

Тема 3. Бифуркации одномерных динамических систем.	8	2	2	4	4
Тема 4. Бифуркации одномерных динамических систем	8	2	2	4	4
Тема 5. Предельные циклы.	8	2	2	4	4
Тема 6. Точечные отображения.	8	2	2	4	4
Тема 7. Отображение Фейгенбаума.	8	2	2	4	4
Тема 8. Асимптотические методы теории динамических систем.	12	4	4	8	4
Тема 9. Релаксационные колебания.	12	4	4	8	4
Тема 10. Неавтономные системы.	10	4	4	8	2
Тема 11. Взаимная синхронизация автоколебательных систем	106	4	4	8	2
Тема 12. Примеры динамических систем в биологии		2	2	4	2
итого	108	32	32	64	42

Практические занятия (семинары) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: выполнение практических заданий (работа с изучаемыми математическими моделями), написание тестов и контрольных работ.

На проведение практических занятий (лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

Практических навыков в соответствии с областью знания ОП:

Выполнение научно-исследовательских задач профессиональной деятельности в соответствии с необходимыми компетенциями

Компетенций

ПК-1 – Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа и индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет
- подготовка к устному опросу на лабораторных занятиях;
- подготовка к тестам;
- подготовка к контрольным
- подготовка к экзамену.

Методические указания по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю по дисциплине «Основы динамических систем»

Подготовка к устному опросу, тестированию, контрольным работам

Все перечисленные виды самостоятельной работы представляют собой систему заданий, позволяющих оценить уровень знаний по основным разделам, темам, проблемам дисциплины, а также умений обучающегося синтезировать материал предшествующих дисциплин.

При подготовке к ним студенту необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) изучить рекомендованную учебно-методическую литературу по данной теме;
- 4) тщательно изучить лекционный материал;
- 5) повторить материалы предшествующих дисциплин.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1 Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопросы	Код формируемой компетенции
1	Понятие динамической системы и фазового пространства, системы с непрерывным и дискретным временем, грубость динамической системы.	ПК-1
2	Динамические системы на прямой и окружности.	ПК-1
3	Одномерные динамические системы. Состояния равновесия.	ПК-1
4	Метод линеаризации. Построение фазовой прямой. Временные реализации движений.	ПК-1
5	Основные бифуркации одномерных систем.	ПК-1
6	Устойчивость состояний равновесия систем на плоскости.	ПК-1
7	Линейные системы с одной степенью свободы.	ПК-1
8	Классификация состояний равновесия нелинейных систем на плоскости.	ПК-1
9	Метод линеаризации.	ПК-1
10	Грубые состояния равновесия на плоскости.	ПК-1
11	Сепаратрисы седловых состояний равновесия. Критические направления.	ПК-1
12	Точечные отображения.	ПК-1
13	Динамические системы с дискретным временем. Мультипликаторы.	ПК-1
14	Основные бифуркации динамических систем на плоскости. Двукратное равновесие, бифуркация Андронова-Хопфа, двукратный предельный цикл, петли сепаратрис.	ПК-1
15	Автоколебательные системы.	ПК-1
16	Колебания в многомерных нелинейных системах.	ПК-1
17	Предельные циклы в пространстве.	ПК-1

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1

1.

Траектории динамических систем, такие как неподвижная точка и периодические траектории соответствуют следующим состояниям реальных систем

- ☐ стационарное состояние и периодические движения;
- ☐ движения с некоторым повторением их состояний во времени
- ☐ состояния равновесия

2

Динамические системы называются автономными, если

- ☐ правая часть системы явно зависит от времени
- ☐ **правая часть системы явно не зависит от времени**
- ☐ правая часть системы явно зависит от переменной

5.2.3 Примерный перечень контрольных вопросов для оценки формирования компетенции ПК-1:

1. Дать определение гармонических колебаний.
2. Какие колебания называют свободными / вынужденными?
3. Линейные и нелинейные динамические системы
4. Фазовый портрет и его свойства.
5. Динамические системы с непрерывным временем
6. Динамические системы с дискретным временем
7. Динамические системы с диссипацией
8. Структурная устойчивость
9. Устойчивость по Ляпунову
10. Метод линеаризации
11. Автоколебания
12. Модели дискретных систем
13. Отображение Пуанкаре

5.2.4 Примеры задач в рамках формирования компетенции ПК-1

Задача 1.

Исследовать динамику уравнения

а) $\dot{x} = \mu x + x^3$;

б) $\dot{x} = \mu x - x^3$.

Задача 2.

Исследовать динамику уравнения

$\ddot{\varphi} + \sin \varphi = -\gamma$;

где параметр $\gamma > 0$.

Задача 3.

Определить тип состояний равновесия следующих систем:

а)
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 - 2x_2; \end{cases}$$

б)
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2x_2; \end{cases}$$

в)
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \\ \dot{x}_2 = x_1 - 4x_2; \end{cases}$$

г)
$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \\ \dot{x}_2 = x_1 + 4x_2; \end{cases}$$

Для состояний равновесия типа седло найдите уравнение сепаратрис, а для узлов

– ведущие и неведущие направления.

Задача 4.

Классифицируйте состояния равновесия для различных значений параметра μ следующих систем:

$$\text{a) } \begin{cases} \dot{x}_1 = \mu x_1 - x_2, \\ \dot{x}_2 = x_1 + \mu x_2; \end{cases}$$

$$\text{б) } \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = \mu x_1 - x_2; \end{cases}$$

5.2.5. Темы докладов для оценки умений в рамках формирования компетенции ПК-1

1. Консервативные системы. Условие консервативности.
2. Системы с периодически меняющимися параметрами.
3. Методы построения фазового портрета
4. Собственные колебания в нелинейной системе.
5. Бифуркация Андронова-Хопфа.
6. Типы автоколебательных систем. Релаксационные колебательные системы.

Условия возникновения и общие свойства автоколебательных систем.

5.2.6. Перечень заданий для оценки компетенции ПК-1

Сделать аналитический обзор на темы:

1. Динамика нелинейного осциллятора с диссипацией.
2. Бифуркация Андронова-Хопфа. «Мягкое» и «жесткое» рождение периодических колебаний.
3. Затягивание потери устойчивости при динамической бифуркации Андронова-Хопфа.
4. Бифуркация петли сепаратрисы седло-узла.

Бифуркация двукратного предельного цикла

5.2.7 Перечень вопросов для экзамена:

1. Понятие динамической системы и фазового пространства, системы с непрерывным и дискретным временем, грубость динамической системы.
2. Динамические системы на прямой и окружности.
3. Одномерные динамические системы. Состояния равновесия.
4. Метод линеаризации. Построение фазовой прямой. Временные реализации движений.
5. Основные бифуркации одномерных систем.
6. Устойчивость состояний равновесия систем на плоскости.
7. Линейные системы с одной степенью свободы.
8. Классификация состояний равновесия нелинейных систем на плоскости.
9. Метод линеаризации.
10. Грубые состояния равновесия на плоскости.
11. Сепаратрисы седловых состояний равновесия. Критические направления.
12. Точечные отображения.
13. Динамические системы с дискретным временем. Мультипликаторы.
14. Основные бифуркации динамических систем на плоскости. Двукратное равновесие, бифуркация Андронова-Хопфа, двукратный предельный цикл, петли сепаратрис.
15. Автоколебательные системы.
16. Колебания в многомерных нелинейных системах.
17. Предельные циклы в пространстве.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература

1. Некоркин В. И. - Лекции по основам теории колебаний: учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиопизики, приклад. математики и мат. моделирования. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. Доступ: Библиотека ННГУ.
2. Нелинейная динамика и управление: Сборник статей. Вып. 8 [Электронный ресурс] / Под ред. С.В. Емельянова, С.К. Коровина - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115643.html>

б) дополнительная литература:

1. Нелинейная теория управления: динамика, управление, оптимизация [Электронный ресурс] / Под ред. В.М. Матросова, С.Н. Васильева, А.И. Москаленко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104217.html>
2. Рабинович М. И., Трубецков Д. И. - Введение в теорию колебаний и волн: учеб. пособие для физ. специальностей вузов. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Для подготовки и демонстрации презентаций используются программы Windows и MS Office.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов названной дисциплине необходимы мультимедийные средства обучения (ноутбук с комплектом лицензионного обеспечения, необходимого для работы компьютерных программ, интерактивная доска, проектор).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ.

Автор _____ д.ф.-м.н., доц. В.Б. Казанцев
(подпись)

Автор _____ к.ф.-м.н. С.Ю. Гордлеева
(подпись)

Заведующий кафедрой нейротехнологий _____ д.ф.-м.н., Казанцев В.Б.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.12.2021 года, протокол № 3