

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

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Основы динамических систем в биологии

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
06.03.01 - Биология

Направленность образовательной программы
Биология (общий профиль)

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.07 Основы динамических систем в биологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
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	<p>ПК-1.1: Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах; <p>ПК-1.2: Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах; <p>ПК-1.3: Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования. 	<p>ПК-1.1:</p> <p>Знает и понимает основные понятия и положения теории динамических систем, основы теории устойчивости, теории бифуркаций динамических систем на прямой и плоскости</p> <p>ПК-1.2:</p> <p>Умеет применять теоретические знания и основные методы нелинейной динамики для исследования математических моделей в нейробиологии, а также анализировать и представлять полученные данные.</p> <p>ПК-1.3:</p> <p>Владеет основными методами нелинейной динамики и бифуркационного анализа для исследования математических моделей в нейробиологии.</p>	<p>Доклад</p> <p>Задачи</p> <p>Практическое задание</p> <p>Тест</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36
	экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение в теорию динамических систем.	8	2	2	4	4
Одномерные динамические системы, фазовая прямая.	8	2	2	4	4
Бифуркации одномерных динамических систем.	8	2	2	4	4
Бифуркации одномерных динамических систем	8	2	2	4	4
Предельные циклы.	8	2	2	4	4
Точечные отображения.	8	2	2	4	4
Отображение Фейгенбаума.	8	2	2	4	4
Асимптотические методы теории динамических систем.	12	4	4	8	4
Релаксационные колебания.	12	4	4	8	4
Неавтономные системы.	10	4	4	8	2
Взаимная синхронизация автоколебательных систем	10	4	4	8	2
Примеры динамических систем в биологии	6	2	2	4	2
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	144	32	32	66	42

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

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 8 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

- 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.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности 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) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \end{cases}$

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = x_1 - 2x_2; \end{cases}$$

$\{$

б) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 6x_2, \end{cases}$

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = x_1 + 2x_2; \end{cases}$$

$\{$

в) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \end{cases}$

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = x_1 - 4x_2; \end{cases}$$

$\{$

г) $\begin{cases} \dot{x}_1 = 3x_1, \end{cases}$

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = x_1 + 4x_2; \end{cases}$$

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:

$\{$

а) $\begin{cases} \dot{x}_1 = \mu x_1 - x_2, \end{cases}$

$$\dot{x}_2 = x + \mu x;$$

$$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ x = \mu x \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ x = \mu x \end{cases}$$

- x ;

$$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ x = \mu x \end{cases}$$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1

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

1. стационарное состояние и периодические движения;
2. движения с некоторым повторением их состояний во времени
3. состояния равновесия

2

Динамические системы называются автономными, если

1. правая часть системы явно зависит от времени
2. правая часть системы явно не зависит от времени
3. правая часть системы явно зависит от переменной

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	50-100% правильных ответов
не зачтено	менее 50% правильных ответов

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	вследствие отказа обучающегося от ответа		негрубых ошибок	. Допущено несколько негрубых ошибок	. Допущено несколько несущественных ошибок	и. Ошибок нет.	
<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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Экзамен

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

Оценка	Критерии оценивания
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
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»
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»

Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции 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)

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 (модуля)

Основная литература:

1. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 : 162.13., 148 экз.
2. Нелинейная динамика и управление: Сборник статей. Вып.8. Нелинейная динамика и управление: Сборник статей. Вып.8 /Под ред. С.В. Емельянова, С.К. Коровина. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 336 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-1564-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=703813&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Нелинейная теория управления: динамика, управление, оптимизация / Матросов В.М., Васильев С.Н., Москаленко А.И. - Москва : Физматлит, 2003., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645593&idb=0>.
2. Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн : учеб. пособие для физ.

специальностей вузов. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. - 432 с. : ил. - 1.30., 161 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 06.03.01 - Биология.

Автор(ы): Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук, доцент
Гордлеева Сусанна Юрьевна, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Казанцев Виктор Борисович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 06.09.2022, протокол № 1.