

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Современное естествознание

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Современное естествознание 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-4: Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук	ПК-4.1: Знает фундаментальные и теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем ПК-4.2: Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы ПК-4.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой	ПК-4.1: Знать значение и роль математического моделирования в познании окружающего мира, процессов и явлений, происходящих в нем Знать понятия динамической системы, ее состояния и оператора, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркации Знать основные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии, изучаемые в дисциплине. Владеть навыками интерпретации результатов исследования математических моделей ПК-4.2: Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для выбора и построения адекватных математических моделей для решения задач из предметной области ПК-4.3: Владеть концепцией динамической системы как	Доклад Контрольная работа Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		универсального метода моделирования реальных процессов самой разнообразной (как детерминированной, так и вероятностной) природы		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	78
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 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. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторных систем.	19	4	4	8	11
Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений.	23	4	4	8	15
Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами.	23	6	6	12	11
Раздел 3. Диффузные и волновые процессы.	23	6	6	12	11
Раздел 4. Управляемые динамические системы.	29	8	6	14	15
Раздел 5. Модели оптимизации	25	4	6	10	15
Аттестация	36				

КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторных систем.

Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений.

Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами.

Раздел 3. Диффузные и волновые процессы.

Раздел 4. Управляемые динамические системы.

Раздел 5. Модели оптимизации

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Концепции современного естествознания» включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий, подготовка к выполнению лабораторных работ, подготовка к выполнению письменных контрольных работ и подготовку к экзамену.

Тематика самостоятельной работы

Введение. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторных систем. – теоретическая часть – главы 1, 13, 14 [1], решение задач. Проверка задания.

Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений. – теоретическая часть – главы 15-22 [1], решение задач. Проверка задания.

Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами. – теоретическая часть – главы 25-26 [1], решение задач. Проверка задания.

Раздел 3. Диффузные и волновые процессы. – теоретическая часть – главы 29-33 [1], решение задач. Проверка задания

Раздел 4. Управляемые динамические системы. – теоретическая часть – глава 23-24 [1], решение задач. Проверка задания

Раздел 5. Модели оптимизации – теоретическая часть – глава 8 [2], решение задач. Проверка задания

Программа лабораторного практикума

Программа лабораторного практикума частично опирается на учебный материал,

предшествующей дисциплины «Концепции современного естествознания», а также использует новый материал данной дисциплины.

Выполняются лабораторные работы в рамках указанных ниже трех тематических блоков.

Каждый блок включает по две-три лабораторные работы.

Тема 1. Простейшие математические модели

Работа 1.1. Модель засоления Каспийского моря – теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Работа 1.2. Модель гидроэлектростанции – теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Тема 2. Линейные математические модели осцилляторных систем

Работа 2.1. Динамический демпфер– теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Работа 2.2. Взаимодействие двух связанных осцилляторов – теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Работа 2.3. Цепочки связанных осцилляторов и волны– теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Тема 3. Нелинейные математические модели осцилляторных систем

Работа 3.1. Генератор электрических колебаний – теоретическая часть – глава 23-24 [1]

Работа 3.2. Генератор с неоновой лампой – теоретическая часть – глава 23-24 [1]

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-4:

1. Маятниковые часы Галилея – Гюйгенса. В чём их новизна. Точность хода, от чего она зависит, пути её увеличения.
2. Автоколебания в модели двухпозиционного авторулевого.
3. Колебания двух связанных осцилляторов. Нормальные колебания и частоты. Явление биений и перекачки энергии.
4. Понятие автомата. Автоматные модели целесообразного поведения.
5. Марковский процесс как динамическая система. Эргодичность. Примеры.
6. Марковские процессы с доходами. Примеры.
7. Управляемые марковские процессы и выбор оптимальной стратегии. Примеры.
8. Метод итераций Р. Ховарда.
9. Персептрон как динамическая система. Теорема о конечности числа ошибок персептрона при обучении.
10. Персептрон как динамическая система. Схема его устройства и алгоритм обучения. Теорема о конечности числа ошибок персептрона при обучении.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Качество доклада: рассказывается, но не объясняется суть работы; демонстрационный материал был оформлен плохо, неграмотно; отвечает не на все вопросы; показано неполное владение специальным аппаратом; выводы нечетко характеризуют работу
не зачтено	Качество доклада: зачитывается; представленный демонстрационный материал не использовался докладчиком; не отвечает на вопросы; владение специальным аппаратом

Оценка	Критерии оценивания
	отсутствует; выводы имеются, но не доказаны

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Вариант 1

1. Мяч спускается по лестнице, отскакивая от каждой следующей ступеньки с коэффициентом отскока 0.9. Высота ступенек равна 0.2 метра. Построить математическую модель спуска мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

1. Для марковского процесса с доходами

$$\begin{matrix} 0.6 & 0.4 & & 8 & 5 \end{matrix}$$

$$p^{(1)} = \quad D^{(1)} =$$

$$\begin{matrix} 0.3 & 0.7 & & 5 & -3 \end{matrix}$$

найти математическое ожидание дохода за n шагов, при условии, что начальное состояние было первое (второе).

Вариант 2

1. Мяч спускается по лестнице, отскакивая от каждой следующей ступеньки с коэффициентом отскока 0.8. Высота ступенек равна 0.2 метра. Построить математическую модель спуска мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

1. Для марковского процесса с доходами

$$\begin{matrix} 0.5 & 0.5 & & 7 & 5 \end{matrix}$$

$$p^{(1)} = \quad D^{(1)} =$$

$$\begin{matrix} 0.3 & 0.7 & & 5 & -5 \end{matrix}$$

найти математическое ожидание дохода за n шагов, при условии, что начальное состояние было первое (второе).

Вариант 3

1. Мяч спускается по лестнице, отскакивая от каждой следующей ступеньки с коэффициентом отскока 0.7. Высота ступенек равна 0.2 метра. Построить математическую модель спуска мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

1. Для марковского процесса с доходами

0.4 0.6 9 5

$$p^{(1)} = \quad D^{(1)} =$$

0.3 0.7 5 -6

найти математическое ожидание дохода за шагов, при условии, что начальное состояние было первое (второе).

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Понятия «состояние», «оператор», «динамическая система».
2. Фазовое пространство и фазовый портрет.
3. Игра Конуэя «Жизнь» как динамическая система.
4. Марковский процесс как новый тип динамической системы.
5. Дифференциальное уравнение как способ задания оператора динамической системы.
6. Модель Торричелли вытекания жидкости из худого сосуда.
7. Уточнение модели Торричелли.
8. Модель «приток- отток». Сифон.
9. Модель загрязнения водоема с заливом.
10. Энергетическая модель работы сердца.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три

Оценка	Критерии оценивания
	несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

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

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х 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 с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Маятниковые часы Галилея – Гюйгенса как автоколебательная система.
2. Метод точечных отображений. Двухпозиционный авторулевой.
3. Генератор электрических колебаний. Уравнение Ван-дер-Поля. Амплитуда автоколебаний. Мягкий режим возбуждения автоколебаний.
4. Генератор электрических колебаний. Уравнение Ван-дер-Поля. Амплитуда автоколебаний. Жёсткий режим возбуждения автоколебаний.
5. Трение как причина возникновения неустойчивости и автоколебаний.
6. Автоколебания в цепи с неоновой лампой.

7. Параметрическое возбуждение и резонанс. Отличие параметрического резонанса от обычного.
8. Колебания двух связанных осцилляторов. Явление биений и перекачки энергии.
9. Автоматные модели целесообразного поведения.
10. Простейшие детерминированные модели игроков и их парных игр в отгадывание. Стохастические марковские модели игроков и их игр в отгадывание. Игра стохастика с простаком.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задача 1. Мяч спускается по лестнице с одной ступеньки на следующую, имея коэффициент отскока k ($0 < k < 1$). Построить математическую модель спуска мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения. Задана высота ступеньки и вязкое сопротивление воздуха прямо пропорционально скорости движения мяча.

Задача 2. На одной и той же высоте мяч ударяют вверх ракеткой каждый раз, когда он падает вниз. Удар ракеткой происходит со скоростью и коэффициентом отскока k ($0 < k < 1$). Масса мяча пренебрежимо мала по сравнению с массой ракетки. Построить математическую модель движения мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

Задача 3. Мяч на одной и той же высоте ударяют вниз, далее он отскакивает от пола и если достигает той же высоты, его снова ударяют вниз (игра баскетболиста). Сопротивлением воздуха пренебречь. Построить математическую модель движения мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

Задача 4. Человек играет с мячом, ударяя его вверх, то головой со скоростью u и коэффициентом отскока k ($0 < k < 1$), то ногой со скоростью v и коэффициентом отскока μ ($0 < \mu < 1$). Построить математическую модель движения мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.
2. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические модели теории управления. - М. : Наука, 1985. - 400 с. : ил. - 3.80., 57 экз.

Дополнительная литература:

1. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические системы и управляемые процессы. - М. : Наука, 1978. - 336 с. : ил. - 1.50., 40 экз.
2. Кузнецов Юрий Алексеевич. Математические модели современного естествознания : Избранные математические модели динамики биологических систем : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 080100 "Экономика" и специальности 080116 "Мат. методы в экономике" / Нижегородский государственный университет им. Н. И.

Лобачевского. - Н. Новгород : ННГУ, 2010-. Математические модели современного естествознания . Ч. 1. - Н. Новгород, 2010. - 101 с. - 28.47., 39 экз.

3. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

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

1. Дмитриев А.В. «Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы». — НИУ ВШЭ. [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?cid=123460>
2. Бабаева М. А. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] // Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. URL: <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=3806>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Губина Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук
Кадина Елена Юрьевна.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.