

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Современное естествознание

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 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-13: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике	ПК-13.1: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике ПК-13.2: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований ПК-13.3: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности ПК-13.4: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований	ПК-13.1: 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 ПК-13.2: Знать основные математические модели механики, электродинамики, биологии, экологии, химии, изучаемые в дисциплине. Владеть навыками интерпретации результатов исследования математических моделей ПК-13.3: Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики для выбора и построения адекватных математических моделей для решения задач из предметной области	Собеседование Задачи Доклад Контрольная работа	Экзамен: Задачи

		ПК-13.4: Владеть концепцией динамической системы как 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)	64
- КСР	2
самостоятельная работа	46
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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	Ф Ф О	Ф Ф О	Ф Ф О	Ф Ф О	Ф Ф О
Введение. Простейшие математические модели. Линейные математические модели осцилляторных систем.	26	0	18	18	8
Раздел 1. Нелинейный осциллятор. Автоколебания. Метод точечных отображений.	34	8	16	24	10
Раздел 2. Модели целесообразного поведения, игр и обучения. Марковские процессы с доходами.	18	6	6	12	6
Раздел 3. Диффузные и волновые процессы.	20	6	8	14	6
Раздел 4. Управляемые динамические системы.	26	8	10	18	8

Раздел 5. Модели оптимизации.	18	4	6	10	8
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	64	98	46

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Концепции современного естествознания, <https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=787>.

Иные учебно-методические материалы:

1. Болотов М.И., Губина Е.В. ЗАДАЧИ ДЛЯ КУРСА «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»: Практикум. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. – 38 с.

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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Вопросы для собеседования

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.
11. Энергетическая модель ГЭС.
12. Маятник, его фазовое пространство и фазовый портрет.
13. Экспоненциальная модель Т.Р. Мальтуса демографического процесса.
14. Экспоненциальные процессы. Время удвоения и уменьшения вдвое. Явление «внезапного» кризиса.
15. Математические модели охлаждения тела и разряда конденсатора.
16. Математические модели радиоактивного распада, гибели и поглощения излучения.
17. Разгон ракеты. Формула Циолковского.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Задача 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.

Задача 2.

Материальная точка движется без трения в вертикальной плоскости под воздействием силы тяжести вдоль кривой $x^2 + y^2 = 1$. Написать математическую модель движения точки, построить фазовый портрет и дать ему динамическую интерпретацию.

Задача 3.

Найти область управляемости и вид оптимальных по быстродействию траекторий для линейного управляемого осциллятора $d^2x/dt^2 - dx/dt = u(t)$, $-1 \leq u(t) \leq 1$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Решение задачи верное или содержит несущественные ошибки.
не зачтено	При решении задачи допущены грубые ошибки. Задача не решена.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

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. И другие.
6. Персептрон как динамическая система. Схема его устройства и алгоритм обучения. Теорема о конечности числа ошибок персептрона при обучении.
7. Стабилизация перевёрнутого маятника с помощью управления. Понятие обратной связи.
8. Управляемость линейной системы. Критерий Калмана. Пример.
9. Управляемость линейного осциллятора при ограничении на управление.
10. Модели сухого трения. Трение как причина возникновения неустойчивости и автоколебаний.
11. Понятие автоколебаний. Автоколебания в цепи с неоновой лампой.
12. Понятие автоколебаний. Сифон.
13. Уравнение теплопроводности и его фундаментальное решение.
14. Волновые решения уравнения теплопроводности, прогрев поверхностного слоя Земли при суточных и годовых колебаниях температуры воздуха.
15. Уравнение теплопроводности, начальные и граничные условия. Метод Фурье.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутое представление материала. Ответил на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	При представлении материала допущены существенные ошибки. Допущены грубые ошибки при ответе на вопросы.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-13:

Вариант 1.

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.
2. Для марковского процесса с матрицами дохода P , D , где $P_{11}=0.4$, $P_{12}=0.6$, $P_{21}=0.3$, $P_{22}=0.7$. $D_{11}=9$, $D_{12}=5$, $D_{21}=5$, $D_{22}=-6$. Найти математическое ожидание $V_1(n)$ и $V_2(n)$ 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 0.9. Высота ступенек равна 0.5 метра. Построить математическую модель спуска мяча и исследовать ее с помощью точечного отображения.

2. Для марковского процесса с матрицами дохода P, D , где $P_{11}=0.6, P_{12}=0.4, P_{21}=0.4, P_{22}=0.6$.
 $D_{11}=10, D_{12}=5, D_{21}=5, D_{22}=-6$. Найти математическое ожидание $V_1(n)$ и $V_2(n)$ дохода за n шагов, при условии, что начальное состояние было первое (второе).

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Решение задач верное или содержит несущественные ошибки.
не зачтено	При решении задач допущены грубые ошибки. Задачи не решена.

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	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрирован

	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстриро ваны базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны 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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-13

Задача 1.

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 2.

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 3.

Напишите и исследуйте уравнения типа Лотки - Вольтерра «хищник – жертва» для случая, когда хищник подвержен промыслу в постоянном объеме, если количество хищника превышает некоторый заданный уровень.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех задачах. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех задачах.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве задач.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала. Отсутствует способность решения стандартных задач.

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, 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 подготовки/специальности 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

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

Рецензент(ы): Ломакина Любовь Сергеевна.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.